



TUGAS AKHIR - TE 141599

**KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUSU SAPI PERAH
MENGUNAKAN SISTEM SPEKTROFOTOMETER
BERBASIS *RASPBERRY PI***

Muhammad Bintang Gemintang
NRP. 2211100042

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Suwito, ST., MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE 141599

**QUALITY CLASSIFICATION OF RAW MILK FROM COW
USING SPECTROPHOTOMETER SYSTEM BASED ON
*RASPBERRY PI***

Muhammad Bintang Gemintang
NRP. 2211100042

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Suwito, ST., MT.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Insitute of Technology
Surabaya 2015

**KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUSU SAPI PERAH
MENGUNAKAN SISTEM SPEKTROFOTOMETER
BERBASIS RASPBERRY PI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Teknik Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

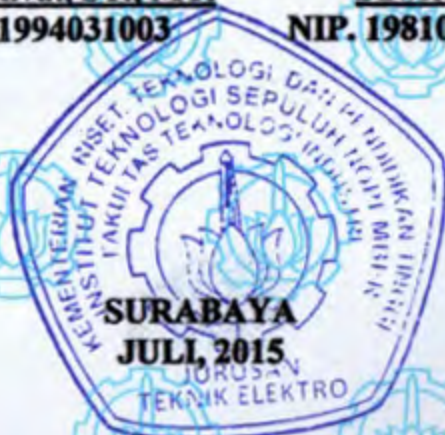
Menyetujui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP. 196904261994031003

Suwito, ST., MT.
NIP. 198101052005011004



KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUSU SAPI PERAH MENGUNAKAN SISTEM SPEKTROFOTOMETER BERBASIS RASPBERRY PI

Muhammad Bintang Gemintang
2211100042

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Suwito, ST., MT.

ABSTRAK

Susu sapi perah merupakan bahan pangan yang sering dikonsumsi oleh manusia. Kualitas susu sapi perah perlu dijaga karena susu secara alamiah mengalami pembusukan yang relatif cepat. Protein dapat dijadikan sebagai parameter yang digunakan untuk penentuan kualitas susu. Salah satu metode yang dilakukan untuk menganalisa kadar protein adalah dengan menggunakan spektrofotometer. Secara teknis, spektrofotometer dalam laboratorium berfungsi untuk mengukur transmittansi atau absorbansi suatu sampel yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang. Panjang gelombang suatu sampel berbeda sesuai dengan warna spektrum yang digunakan. Untuk pengujian kadar protein digunakan metode spektrofotometri biuret yang menghasilkan warna ungu pada sampel, sehingga panjang gelombang dengan absorbansi nilai tertinggi didapatkan pada kisaran 525 nm. Nilai absorbansi dari sampel air susu sapi perah yang diuji menunjukkan nilai kuantitas kadar proteinnya. Sistem spektrofotometer yang dirancang menggunakan metode berbasis pengolahan citra dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®]. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai kadar protein antara spektrofotometer standar laboratorium dengan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]. Hasil yang didapatkan dari pengujian spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] mempunyai error rata-rata sebesar 2.366%. Klasifikasi kualitas air susu sapi perah menghasilkan 3 tingkatan klasifikasi, yaitu air susu sapi perah dengan kadar protein 0% – 2.5% menunjukkan kualitas rendah, 2.51% – 7.38% menunjukkan kualitas sedang dan 7.39% – 9.63% menunjukkan kualitas tinggi.

Kata Kunci : Protein, *Raspberry Pi*, Spektrofotometer, Susu Sapi

KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUSU SAPI PERAH MENGUNAKAN SISTEM SPEKTROFOTOMETER BERBASIS RASPBERRY PI

Muhammad Bintang Gemintang
2211100042

Dosen Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Suwito, ST., MT.

ABSTRAK

Susu sapi perah merupakan bahan pangan yang sering dikonsumsi oleh manusia. Kualitas susu sapi perah perlu dijaga karena susu secara alamiah mengalami pembusukan yang relatif cepat. Protein dapat dijadikan sebagai parameter yang digunakan untuk penentuan kualitas susu. Salah satu metode yang dilakukan untuk menganalisa kadar protein adalah dengan menggunakan spektrofotometer. Secara teknis, spektrofotometer dalam laboratorium berfungsi untuk mengukur transmitansi atau absorbansi suatu sampel yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang. Panjang gelombang suatu sampel berbeda sesuai dengan warna spektrum yang digunakan. Untuk pengujian kadar protein digunakan metode spektrofotometri biuret yang menghasilkan warna ungu pada sampel, sehingga panjang gelombang dengan absorbansi nilai tertinggi didapatkan pada kisaran 525 nm. Nilai absorbansi dari sampel air susu sapi perah yang diuji menunjukkan nilai kuantitas kadar proteinnya. Sistem spektrofotometer yang dirancang menggunakan metode berbasis pengolahan citra dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®]. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai kadar protein antara spektrofotometer standar laboratorium dengan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]. Hasil yang didapatkan dari pengujian spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] mempunyai error rata-rata sebesar 2.366%. Klasifikasi kualitas air susu sapi perah menghasilkan 3 tingkatan klasifikasi, yaitu air susu sapi perah dengan kadar protein 0% – 2.5% menunjukkan kualitas rendah, 2.51% – 7.38% menunjukkan kualitas sedang dan 7.39% – 9.63% menunjukkan kualitas tinggi.

Kata Kunci : Protein, *Raspberry Pi*, Spektrofotometer, Susu Sapi

(halaman ini sengaja dikosongkan)

QUALITY CLASSIFICATION OF RAW MILK FROM COW USING SPECTROPHOTOMETER SYSTEM BASED ON RASPBERRY PI

Muhammad Bintang Gemintang
2211100042

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Supervisor II : Suwito, ST., MT.

ABSTRACT

Raw milk from cow is a need that is often consumed by human being. The quality of raw milk from cow need to be well-controlled because milk naturally undergo decay quickly. Protein can be used as a parameter to determine the quality of milk. One of the methods to analyze levels of protein is by using the spectrophotometer. Technically, in laboratory spectrophotometer used to measure transmittance or absorbance of a sample expressed in the function of the wavelength. Wavelength of a sample vary according to colors of the spectrum used. Determining the level of protein use the method of biuret spectrophotometry that produces color purple on the sample, so the wavelength of the highest value of absorbance was obtained in the range of 525 nm. The value of absorbance of raw milk from cow samples show the value of the quantity of its level of protein. The system design of the spectrophotometer use the method based on image processing with *Raspberry Pi*[®]. Testing done by comparing the value of the levels of protein between standard laboratory spectrophotometer and spectrophotometer based on *Raspberry Pi*[®]. The results obtained from testing the spectrophotometer based based on *Raspberry Pi*[®] have average error 2.366%. The classification of quality of raw milk from cow produce 3 levels of classification, which raw milk from cow with the level of protein 0% – 2.5% indicates low quality, 2.51% – 7.38% indicates moderate quality and 7.39% – 9.63% indicates high quality.

Keywords : Protein, Raspberry Pi, Raw Cow's Milk, Spectrophotometer

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul **“KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUSU SAPI PERAH MENGGUNAKAN SISTEM SPEKTROFOTOMETER BERBASIS RASPBERRY PI”**. Tugas akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ir. Mohamad Farouq dan Ibu Wahyu Ernayanti yang senantiasa memberi doa, nasihat, motivasi dan dukungan penuh. Serta tidak lupa kepada kedua adik saya, Lintang Masita Kandihawa dan Muhammad Galang Shafanaufal yang menjadi sumber semangat dan motivasi.
2. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing pertama atas bimbingan, inspirasi, pengarahan dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
3. Bapak Suwito, ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua atas bimbingan, inspirasi, pengarahan dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
4. Yeniar Alifa Istiqomah dan keluarga yang telah memberikan dukungan penuh serta motivasi yang tiada henti.
5. Abdul Basith, S.Pd, M.Pd, M.Si. yang telah membantu dan berkontribusi selama analisa dan pengujian dalam penelitian tugas akhir ini.
6. Para Laboran Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang yang telah bersedia membantu selama pengujian dan analisa.
7. Keluarga Wisper 3/6: Mas Handoko, Mas Richard, Mas Dwiki, Fachrul, Rizal, Ellyas dan Faizal.
8. Teman-teman seperjuangan ELKA di B202, B205 dan B402 serta teman-teman angkatan 2011 Teknik Elektro ITS.

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, walaupun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
1.7. Relevansi	5

BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori	7
2.1.1. Air Susu.....	7
2.1.1.1 Komposisi	8
2.1.1.2 Peranan protein pada Susu	9
2.1.1.3 Standar SNI untuk Susu Segar SNI 3141.1:2011 ..	9
2.1.2. Konsep Dasar Spektrofotometri	10
2.1.3. Cahaya dan Sifat-Sifatnya	10
2.1.3.1 Sifat Sinar Tampak.....	12
2.1.3.2 Sifat Sinar UV	12
2.1.3.3 Radiasi Elektromagnetik	13
2.1.4. Interaksi Cahaya dengan Materi.....	14
2.1.4.1 Absorpsi Cahaya	14
2.1.4.2 Emisi Cahaya	14
2.1.5. Hukum Dasar (Hukum <i>Beer-Lambert</i>).....	15
2.1.6. Instrumentasi Spektrofotometer UV-VIS.....	16
2.1.6.1 Sumber Cahaya	17
2.1.6.2 Monokromator.....	17
2.1.6.3 Kuvet.....	18

2.1.6.4	Detektor	18
2.1.7.	<i>Raspberry Pi</i> [®]	19
2.1.8.	Spektrofotometer Standar yang Digunakan Sebagai Pembanding	20
2.2.	Tinjauan Pustaka	21
2.2.1.	Metode-Metode Analisa Protein	21
2.2.1.1.	Metode Kjeldahl	21
2.2.1.2.	Titration Formol	22
2.2.1.3.	Metode Spektrofotometri Biuret	23
2.2.1.4.	Metode Spektrofotometri UV	23
2.2.1.5.	Metode Lowry.....	23
2.2.2.	Metode yang Digunakan Untuk Pengujian dan Analisa	24
2.2.2.1.	Bahan yang Dibutuhkan.....	24
2.2.2.2.	Alat yang Digunakan	24
2.2.2.3.	Prosedur Pembuatan Reagen Biuret.....	25
2.2.2.4.	Prosedur Pembuatan Kurva Standar	25
2.2.2.5.	Prosedur Persiapan Sampel.....	25
2.2.2.6.	Prosedur Penetapan Kadar Protein Sampel.....	26
2.2.2.7.	Prosedur Perhitungan	26
2.2.3.	Hubungan Absorbansi dengan Kadar Protein	27
2.2.4.	OpenCV	27

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1.	Perancangan Perangkat Keras	30
3.1.1.	Sumber Cahaya	30
3.1.2.	Kuvet.....	31
3.1.3.	Monokromator (Filter)	32
3.1.4.	Kamera.....	32
3.1.5.	<i>Raspberry Pi</i> [®] untuk Komputasi.....	32
3.2.	Perancangan Perangkat Lunak	33
3.2.1.	Pengolahan Data RGB	33
3.2.2.	Proses Kalibrasi Panjang Gelombang	35
3.2.3.	Proses Kalibrasi Batas Nilai Absorbansi.....	36
3.3.	Hasil Akhir Desain Perancangan Sistem	38

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1.	Pengujian Hasil Desain Perancangan Sistem Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	42
4.1.1.	Pengujian Absorbansi Sampel Warna Merah.....	42

4.1.2. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Hijau	43
4.1.3. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Biru	44
4.1.4. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Kuning	45
4.2. Pengujian Perbandingan Nilai Absorbansi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	46
4.1.1. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 1	48
4.1.2. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 2	49
4.1.3. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 3	49
4.1.4. Analisa terhadap Data Nilai Absorbansi	50
4.3. Pengujian Perbandingan Nilai Konsentrasi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	52
4.2.1. Pembuatan Kurva Standar Uji Protein	52
4.2.2. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1	54
4.2.3. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2	55
4.2.4. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3	55
4.2.5. Analisa terhadap Data Nilai Konsentrasi Protein	56
4.4. Pengujian Perbandingan Nilai Kadar Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	58
4.3.1. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 1	59
4.3.2. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 2	59
4.3.3. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 3	59
4.3.4. Analisa terhadap Data Nilai Kadar Protein	60
4.5. Klasifikasi Kualitas Air Susu Sapi Perah	62

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65

DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69
BIODATA PENULIS	111

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Komponen-komponen Susu Sapi <i>Friesian</i> dan <i>Guernsey</i> per 100 gram.....	8
Tabel 2.2 Panjang gelombang warna beserta warna komplementer..	11
Tabel 2.3 Daftar Senyawa dan Rentang Pita Serapannya.....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Sumber Cahaya yang Digunakan	31
Tabel 3.2 Konversi Panjang Gelombang dalam Nilai Piksel.....	36
Tabel 4.1 Data Nilai Absorbansi Hari 1	48
Tabel 4.2 Data Nilai Absorbansi Hari 2	49
Tabel 4.3 Data Nilai Absorbansi Hari 3	49
Tabel 4.4 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Absorbansi Hari 1	50
Tabel 4.5 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Absorbansi Hari 2	51
Tabel 4.6 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Absorbansi Hari 3	51
Tabel 4.7 Nilai Absorbansi dari Kurva Standar.....	53
Tabel 4.8 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1	55
Tabel 4.9 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2.....	55
Tabel 4.10 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3.....	56
Tabel 4.11 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Konsentrasi Protein Hari 1	57
Tabel 4.12 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Konsentrasi Protein Hari 2	57
Tabel 4.13 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Konsentrasi Protein Hari 2	58
Tabel 4.14 Data Nilai Kadar Protein Hari 1	59
Tabel 4.15 Data Nilai Kadar Protein Hari 2	59
Tabel 4.16 Data Nilai Kadar Protein Hari 3	60
Tabel 4.17 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Kadar Protein Hari 1	61
Tabel 4.18 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Kadar Protein Hari 2	61
Tabel 4.19 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Kadar Protein Hari 3	62

Tabel 4.20	Uji Statistik Non Parametrik <i>Kruskal Wallis</i> Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B	62
Tabel 4.21	Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B	63
Tabel 4.22	Tingkat Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah.....	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir 3
Gambar 2.1	Pemerahan Air Susu Sapi 7
Gambar 2.2	Skema Umum Spektrofotometer 10
Gambar 2.3	Spektrum Sinar Tampak 12
Gambar 2.4	Spektrum Sinar UV..... 13
Gambar 2.5	Grafik Absorbansi terhadap Panjang Gelombang..... 16
Gambar 2.6	Skema Spektrofotometer berbasis Pengolahan Citra ... 17
Gambar 2.7	Prinsip Monokromator 18
Gambar 2.8	Kuvet Standar untuk Spektrofotometer 18
Gambar 2.9	<i>Raspberry Pi®</i> Model B 19
Gambar 2.10	<i>Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700</i> dari <i>Labomed, Inc.</i> sebagai Spektrofotometer Acuan 20
Gambar 3.1	Ilustrasi Cara Kerja Sistem dengan Elemen (a) Sumber Cahaya, (b) Kuvet, (c) Monokromator, (d) Kamera, (e) <i>Raspberry Pi®</i> dan (f) Monitor 29
Gambar 3.2	Blok Diagram Sistem secara Keseluruhan..... 30
Gambar 3.3	Lampu <i>Tungsten Halogen</i> dan <i>Laser Pointer</i> 525 nm 31
Gambar 3.4	Bentuk Fisik Kuvet..... 31
Gambar 3.5	Monokromator Tipe <i>Grating Spectroscope</i> 32
Gambar 3.6	<i>Flow Chart</i> Sistem Pengolahan Citra 33
Gambar 3.7	<i>Flow Chart</i> Pengolahan Data RGB dan <i>Grayscale</i> 34
Gambar 3.8	Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 530 nm 35
Gambar 3.9	Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 664 nm 35
Gambar 3.10	Proses Kalibrasi Batas Nilai Intensitas 37
Gambar 3.11	Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Nilai Intensitas 38
Gambar 3.12	Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi®</i> 38
Gambar 3.13	Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Intensitas dalam Program yang Ditampilkan 39

Gambar 3.14	Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Absorbansi dalam Program yang Ditampilkan.....	40
Gambar 4.1	Sampel untuk Pengujian dengan Warna yang Berbeda	42
Gambar 4.2	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Merah.....	43
Gambar 4.3	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Hijau	44
Gambar 4.4	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Biru.....	45
Gambar 4.5	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Kuning	46
Gambar 4.6	Sampel Susu untuk Pengujian Spektrofotometer	47
Gambar 4.7	Endapan Kering Protein Susu yang Terisolasi	47
Gambar 4.8	Protein Terisolasi diberi Pereaksi Biuret	48
Gambar 4.9	Diagram Rata-rata Nilai Absorbansi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari	50
Gambar 4.10	Larutan Standar BSA dengan Konsentrasi 0.5-4 mg/ml	53
Gambar 4.11	Grafik Hubungan antara Konsentrasi Protein dan Absorbansi pada BSA.....	54
Gambar 4.12	Diagram Rata-rata Nilai Konsentrasi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari	56
Gambar 4.13	Diagram Rata-rata Nilai Kadar Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Susu sapi merupakan bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Dewasa ini sebagian besar susu sapi dimanfaatkan sebagai bahan pangan, baik dikonsumsi dalam keadaan segar maupun diolah menjadi produk tertentu. Kualitas air susu merupakan salah satu aspek yang diperhatikan oleh konsumen [1]. Hal ini disebabkan karena air susu, terutama yang berasal dari hasil perahan, cepat sekali memasuki fase pembusukan dalam jangka waktu yang singkat. Susu secara alami mengandung nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Protein merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk penentuan kualitas susu, sehingga klasifikasi kadar protein dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi kualitas susu. Klasifikasi kadar protein ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi kepada konsumen untuk memudahkan dalam memilih susu yang berkualitas baik.

Kadar protein dalam susu dapat dianalisa dengan beberapa metode. Salah satu metode yang banyak dilakukan saat ini untuk menganalisa protein adalah dengan menggunakan spektrofotometer. Spektrofotometer tersusun atas spektrometer yang berfungsi untuk menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan suatu fotometer yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Spektrofotometer dalam laboratorium berfungsi untuk mengukur transmitansi atau absorbansi suatu sampel yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang [2]. Berdasarkan kajian survei, hingga saat ini belum ada spektrofotometer yang aplikasinya berbasis *Raspberry Pi*[®], sehingga melalui penelitian ini dikembangkan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®].

Raspberry Pi[®] merupakan komputer papan tunggal (*Single Board Circuit*) yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit [3]. *Raspberry Pi*[®] telah dikembangkan untuk berbagai macam keperluan, mulai dari komputasi sederhana hingga yang rumit seperti pengolahan citra dan video berformat *high definition*, termasuk sistem spektrofotometer dapat dibangun dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®]. Spektrofotometer yang terdapat di laboratorium dan industri harganya terbilang mahal dan kurang praktis. Penggunaan *Raspberry Pi*[®] ini diharapkan dapat

dikembangkan suatu sistem spektrofotometer yang lebih praktis dan ekonomis.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir dirinci sebagai berikut.

1. Bagaimana perancangan suatu sistem spektrofotometer dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®].
2. Bagaimana metode pengujian yang digunakan untuk menentukan klasifikasi kualitas susu.

1.3. Tujuan

Berdasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan penelitian pada tugas akhir ini dirinci sebagai berikut.

1. Mampu merancang suatu sistem spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®].
2. Mampu menentukan klasifikasi pada sistem yang akan digunakan.

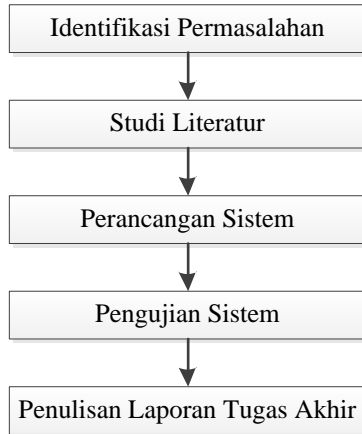
1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini dirinci sebagai berikut.

1. Komputer menggunakan *Single Board Computer* (SBC) berjenis *Raspberry Pi*[®].
2. Jenis spektrofotometer yang dibangun berupa *Visible-Spectrophotometer* dengan menggunakan sumber cahaya lampu *tungsten halogen*.
3. Jenis sampel spesifik berupa susu sapi murni hasil perahan yang belum mengalami pengolahan (*raw milk*).
4. Klasifikasi kualitas susu sapi didasarkan pada kadar protein yang terdeteksi.

1.5. Metodologi

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

IDENTIFIKASI PERMASALAHAN

Identifikasi masalah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi tentang komponen nutrisi yang terdapat dalam air susu, parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas air susu, sistem spektrofotometer secara umum dan potensi implementasi *Raspberry Pi*[®] untuk pengembangan rancangan spektrofotometer.

STUDI LITERATUR

Tahap studi literatur meliputi beberapa hal berikut ini.

1. Mempelajari standar kualitas air susu sapi.
2. Mempelajari proses kerja sistem spektrofotometer.
3. Menganalisa potensi implementasi *Raspberry Pi*[®] untuk pengembangan rancangan spektrofotometer.

PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dirancang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem akuisisi data dan sistem pemrosesan data. Pada bagian sistem akuisisi data terdapat sumber cahaya, sampel, monokromator serta kamera, sedangkan

di dalam bagian sistem pemrosesan data terdapat *Raspberry Pi*[®] dan monitor sebagai *interface* untuk pengguna. Pada bagian sistem akusisi data, kamera berfungsi sebagai pengambil citra, selanjutnya citra tersebut akan diolah dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®]. Berikutnya dilakukan identifikasi dan hasilnya ditampilkan pada monitor. Kedua bagian tersebut dapat dibagi lagi menjadi dua tahapan, yaitu tahapan perancangan *software* dan *hardware*. Tahapan perancangan *software* meliputi penulisan program untuk pengolahan citra dan program untuk identifikasi, sedangkan dalam perancangan *hardware* meliputi perancangan dan pengemasan alat hingga menjadi sebuah sistem.

PENGUJIAN SISTEM

Ada beberapa pengujian yang dilakukan dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Pengujian Perbandingan Nilai Absorbansi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah.
2. Pengujian Perbandingan Nilai Konsentrasi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah
3. Pengujian Perbandingan Nilai Kadar Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah.

PENULISAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Tahap ini adalah tahap terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Tahap ini dimulai saat pengambilan data. Laporan tugas akhir ini berisi tentang seluruh kegiatan yang dilakukan selama mengerjakan tugas akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir disusun dengan penjelasan mengenai sistem yang dibuat yang terjabarkan dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

BAB I: PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan tentang dasar penyusunan tugas akhir yang terdiri dari beberapa sub bagian, yaitu latar belakang, permasalahan dan batasannya, tujuan yang diharapkan, metodologi pengerjaan tugas akhir, relevansi serta sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini menjelaskan tentang metode-metode klasifikasi dan pengujian yang pernah diteliti sebelumnya. Selain itu, pada bagian ini juga dijelaskan dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, meliputi teori yang terkait dengan pengembangan *Raspberry Pi*[®] dan sistem spektrofotometer.

BAB III: PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini berisi perancangan sistem yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem akuisisi data dan sistem pemrosesan data. Bagian akuisisi data terdiri dari bagian-bagian dari sistem yang digunakan untuk pengambilan data berupa citra, sedangkan bagian pemrosesan data terdiri dari program untuk mengolah data berupa citra dan program untuk klasifikasi.

BAB IV: PENGUJIAN

Bagian ini akan menjelaskan mengenai cara kerja sistem spektrofotometer dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®] dan analisisnya.

BAB V: PENUTUP

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan dan saran untuk pengembangan rancangan sistem spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] berikutnya.

1.7. Relevansi

Matakuliah yang mendukung tugas akhir ini adalah Divais Optoelektronika, Penginderaan Visual Elektronika dan beberapa referensi tentang analisa biokimia pangan. Hasil akhir penelitian ini berupa *prototype* yang diharapkan dapat dikembangkan dan diimplementasikan sebagai alat bantu kontrol kualitas bahan pangan pada berbagai industri produsen pangan yang menggunakan air susu sapi perah sebagai bahan baku.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Dasar teori dalam bab ini menjabarkan tentang berbagai teori yang dapat digunakan sebagai penunjang pengembangan sistem spektrofotometer, sedangkan pada bagian tinjauan pustaka dijabarkan tentang sistem yang pernah dikembangkan dan diimplementasikan dalam penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

2.1. Dasar Teori

Dasar teori tersusun atas beberapa bagian yang secara berturut-turut meliputi pengertian air susu secara umum, penjelasan mengenai spektrofotometer dan bagan pemrosesan.

2.1.1. Air Susu

Susu adalah hasil pemerahan dari ternak sapi perah atau ternak menyusui lainnya yang diperah secara kontinyu dan komponen-komponennya tidak dikurangi maupun ditambahkan dengan bahan-bahan lain. Susu murni adalah cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun. Susu segar adalah susu murni yang disebutkan diatas dan tidak mendapat perlakuan apapun kecuali proses pendinginan tanpa mempengaruhi kemurniannya [4]. Secara fisiologis, susu merupakan sekresi kelenjar ambing sebagai makanan dan proteksi imunologis bagi bayi mamalia. Dijelaskan dalam SK Dirjen Peternakan No. 17 Tahun 1983 bahwa susu adalah susu sapi yang meliputi susu segar, susu murni, susu pasteurisasi dan susu sterilisasi [5].



Gambar 2.1 Pemerahan Air Susu Sapi

Susu merupakan media yang baik untuk pembenihan bagi kuman patogen dan apatogen. Susu yang telah tercemar oleh mikroorganisme, baik melalui perantaraan hewan, manusia, debu maupun aliran udara membahayakan kesehatan manusia sehingga tidak layak dikonsumsi manusia. Susu harus dilindungi dari pencemaran terutama kontak dengan sumber pencemaran. Pengawasan ini dilakukan mulai dari alat yang digunakan saat pemerahan, pelaksanaan pemerahan, kesehatan dan kebersihan sapi, pakan serta kandang.

2.1.1.1 *Komposisi*

Secara umum semua susu mengandung zat-zat yang sama tetapi jumlahnya berbeda menurut spesies, genetik, keadaan lingkungan dan stadium laktasi. Komposisi susu sapi pada umumnya terdiri dari air, lemak, protein, laktosa, mineral dan vitamin.

Ras (bangsa) sapi juga turut mempengaruhi komposisi susu. Perbedaan bangsa sapi menyebabkan konstituen dalam susu berbeda dalam perbandingannya, perbedaan terutama pada kadar lemaknya. Pada umumnya bangsa sapi yang produksinya tinggi kadar lemaknya rendah. Sapi-sapi dari bangsa yang sama tiap individunya mempunyai variasi dalam memproduksi susu maupun kualitas dari susunya. Dalam suatu bangsa variasi dalam produksi susu lebih besar daripada variasi kadar lemaknya. Contoh perbandingan komposisi komponen-komponen susu Sapi Friesian dan Guernsey tersajikan di dalam Tabel 2.1 [6].

Tabel 2.1 Komposisi Komponen-komponen Susu Sapi *Friesian* dan *Guernsey* per 100 gram

Komponen	<i>Friesian</i>	<i>Guernsey</i>
Air (g)	87,7	86,3
Lemak (g)	3,7	4,6
Protein (g)		
Kasein	2,5	2,8
Protein <i>Whey</i>	0,7	0,8
Laktosa (g)	4,7	4,7
Kalsium (g)	0,12	0,13
Retinol (µg)	37 (<i>summer</i>)	28 (<i>summer</i>)
	25 (<i>winter</i>)	25 (<i>winter</i>)
Karoten (µg)	24 (<i>summer</i>)	50 (<i>summer</i>)
	12 (<i>winter</i>)	24 (<i>winter</i>)
SNF (g)	8,7	9,1

Lanjutan Tabel 2.1

TS (g)	12,4	13,7
Energi (kJ)	268	314
(kkal)	64	75

2.1.1.2 Peranan protein pada Susu

Protein merupakan salah satu zat makanan yang penting bagi tubuh, mempunyai fungsi sebagai pertumbuhan sel, pengganti sel yang rusak dan sebagai bahan bakar dalam tubuh manusia. Oleh sebab itu kekurangan protein dapat menyebabkan gangguan pada manusia [7]. Protein dalam susu ini biasa dinyatakan dalam PER (Protein Efficiency Ratio). Nilai rata-rata PER dalam susu itu sebanyak 3,1 lebih tinggi dibanding dengan daging sapi, kedelai dan gandum. Protein yang terdapat dalam susu terdiri dari kasein dan protein serum atau *whey protein*. Kasein merupakan 80% dari seluruh protein susu. Kasein sendiri sebetulnya terdiri dari 3 jenis yaitu alpha-kasein (50%), betha-kasein (33%) dan kappa-kasein (15%). Whey protein terdiri dari dua jenis, yaitu protein globulin dan albumin (68%). Protein susu memiliki protein yang tinggi mutu dan gizinya yaitu sepadan dengan daging dan hanya diungguli oleh protein telur [8].

Kasein adalah pembawa mineral kalsium (Ca) dan fosfat (P). Protein ini juga berfungsi menjaga kandungan mineral dalam keadaan terlarut sekaligus menjaga pembentukan *Ca-phosphat* yang tidak larut. Protein juga memiliki fungsi untuk pertahanan terhadap bakteri dan virus dengan cara meningkatkan sistem imunitas tubuh. *Whey protein* yang terdapat dalam kolostrum dan merupakan kelompok protein kompleks. Selain berfungsi untuk meningkatkan imunitas tubuh, jenis protein ini juga mengandung laktofirin yang berfungsi sebagai pengikat zat besi [8].

2.1.1.3 Standar SNI untuk Susu Segar SNI 3141.1:2011

Standar ini merupakan revisi dari SNI 01-3141-1998, Susu segar. Standar ini menetapkan persyaratan mutu, pengambilan contoh, pengujian, pengemasan dan pelabelan susu sapi segar. Standar ini digunakan hanya untuk susu sapi segar sebagai bahan baku pengolahan lanjut. Persyaratan mutu meliputi:

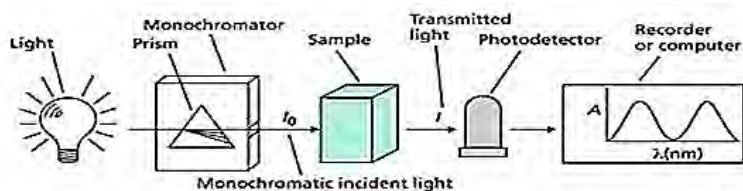
1. Berat Jenis (pada suhu 27,5 derajat C) minimum 1,0270 g/ml
2. Kadar lemak minimum 3,0 %
3. Kadar bahan kering tanpa lemak minimum 7,8 %

4. Kadar protein minimum 2,8 %
5. Warna, bau, rasa, kekentalan tidak ada perubahan
6. Derajat asam 6,0 - 7,5 SH
7. pH 6,3 - 6,8
8. Uji alkohol (70 %) v/v negatif
9. Jumlah sel somatis maksimum 4×10 pangkat 5 sel/ml.

2.1.2. Konsep Dasar Spektrofotometri

Analisis kimia dengan metode spektrofotometri didasarkan pada interaksi radiasi elektromagnetik (sinar) dengan materi. Interaksi tersebut meliputi proses absorpsi, emisi, refleksi dan transmisi radiasi elektromagnetik oleh atom-atom atau molekul dalam suatu materi [9].

Spektroskopi berhubungan dengan pengukuran dan interpretasi radiasi elektromagnetik yang diserap atau diemisikan ketika molekul, atom, atau ion dari suatu sampel bergerak dari satu tingkat energi tertentu ke tingkat energi lainnya. Setiap atom, ion, atau molekul mempunyai hubungan khas dengan radiasi elektromagnetik. Spektroskopi bisa berkaitan dengan perubahan energi rotasi, energi vibrasi ataupun energi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi.



Gambar 2.2 Skema Umum Spektrofotometer

Beberapa jenis spektrofotometer yang telah dikembangkan hingga saat ini antara lain: (1) spektrofotometer UV-Vis, (2) spektrofotometer Infra merah, (3) spektrofotometer Serapan Atom (SSA), (4) spektrofotometer Resonansi Magnetik (NMR) dan (5) spektrofotometer Pendar Molecular (pendar fluor/pendar fosfor).

2.1.3. Cahaya dan Sifat-Sifatnya

Cahaya adalah suatu bentuk energi dan merupakan radiasi elektromagnetik [10]. Bagian kecil dari radiasi elektromagnetik adalah cahaya tampak yang dapat dilihat langsung oleh mata. Cahaya dapat

dikatakan sebagai rangsangan yang diterima oleh panca indera berupa mata. Dalam menerima rangsangan tersebut ada keterbatasan pada diri manusia yaitu hanya dapat mengidentifikasi cahaya pada panjang gelombang 380-780 nm, yang dikenal sebagai cahaya tampak [11].

Tabel 2.2 Panjang gelombang warna beserta warna komplementer

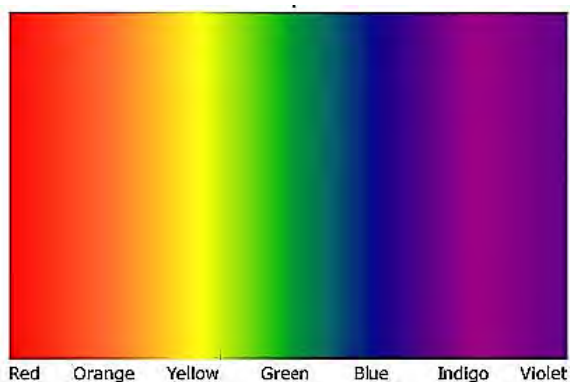
Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
< 380	UV	
380 – 435	Violet	Hijau kekuningan
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru Kehijauan	Jingga
490 – 500	Hijau Kebiruan	Merah
500 – 560	Hijau	Ungu Kemerahan
560 – 580	Hijau Kekuningan	Violet
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 650	Jingga	Biru Kehijauan
650 – 780	Merah	Hijau Kebiruan
> 780	Infra Merah	

Radiasi elektromagnetik mencakup kisaran panjang gelombang yang sangat besar. Sesuai dengan kisaran panjang gelombangnya, maka energi juga beragam pula. Sinar-X mempunyai energi yang cukup untuk mempengaruhi elektron dalam, sedangkan sinar UV hanya cukup untuk mempengaruhi elektron valensi. Sementara itu, radiasi infra merah hanya cukup untuk mempengaruhi vibrasi dan rotasi molekul.

Sinar-X memiliki panjang gelombang yang pendek, tetapi berenergi tinggi. Sinar-X dapat menembus melalui padatan atau cairan yang tipis. Radiasi sinar-X yang terlalu banyak akan merusak sel-sel tubuh manusia. Sinar UV dapat diproduksi oleh lampu khusus yang mengandung uap merkuri atau gas deuterium. Sinar UV berenergi tinggi sehingga dapat menyebabkan luka bakar bila terlalu lama mengenai kulit. Sinar tampak diproduksi oleh lampu biasa (misalkan, lampu wolfram). Cahaya putih yang terpancar dari matahari merupakan campuran dari beberapa cahaya berwarna seperti merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Sinar IR (infra merah) dihasilkan dari benda panas semacam kawat logam globar dalam bola lampu. Sinar IR tidak terlihat tetapi dapat dirasakan hangat oleh kulit manusia.

2.1.3.1 Sifat Sinar Tampak

Cahaya putih bila diuraikan akan terdiri dari beberapa warna cahaya, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Bila kesemua berkas sinar tersebut digabungkan kembali, maka akan diperoleh cahaya putih kembali [11].



Gambar 2.3 Spektrum Sinar Tampak

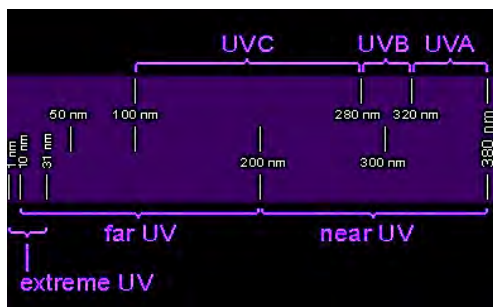
Warna-warna pada cahaya tampak akan terlihat bila ada seberkas cahaya putih direfraksikan oleh prisma, oleh karena cahaya tampak terdiri dari beberapa warna cahaya, maka cahaya tampak disebut sebagai cahaya polikromatis. Satu atau beberapa warna dari cahaya tampak dapat dihilangkan antara lain dengan mengabsorpsi warna tersebut. Setelah absorpsi, maka yang terlihat adalah warna sisa yang tidak terabsorpsi, sebagai contoh, larutan CuSO_4 terlihat berwarna biru karena larutan meneruskan warna biru dan menyerap cahaya kuning (hijau dan merah). Warna yang diserap oleh larutan tersebut dinamakan warna komplementer [11].

2.1.3.2 Sifat Sinar UV

Sinar UV (Ultraviolet) berenergi tinggi, artinya memiliki panjang gelombang yang pendek. Suatu senyawa dapat menyerap sinar UV apabila dalam senyawa tersebut terdapat gugus fungsi yang disebut sebagai kromofor. Kromofor cenderung memiliki ikatan tak jenuh atau mengandung gugus fungsi dengan ikatan rangkap [12].

Tabel 2.3 Daftar Senyawa dan Rentang Pita Serapannya

Type	Contoh	Pita Serapan (nm)
Alkena	CH_2CH_2	165 - 193
Alkuna	CHCH	195 - 225
Aldehida	CH_3CHO	180 - 290
Keton	CH_3COCH_3	188 - 279
Asam	CH_3COOH	208 - 210
Karboksilat		204 - 254



Gambar 2.4 Spektrum Sinar UV

2.1.3.3 Radiasi Elektromagnetik

Suatu berkas radiasi merupakan gelombang elektromagnetik atau foton yang bergerak dengan kecepatan cahaya. Foton mempunyai sifat partikel dengan energi tertentu dan pada saat yang sama juga mempunyai sifat gelombang. Sebuah foton yang berasal dari suatu titik tertentu dalam ruang bergerak dari titik tersebut dalam bentuk gelombang yang dicirikan dengan vektor medan listrik yang secara berkala mempunyai titik maksimum pada arah tegak lurus terhadap gelombang. Panjang gelombang suatu radiasi dinyatakan dalam Angstrom (nilai $1 \text{ \AA}^0 = 10^{-8} \text{ m}$) atau nanometer (nilai $1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ m}$) [10].

Radiasi juga mempunyai frekuensi yaitu jumlah gelombang yang melintasi satu titik tertentu selama waktu tertentu. Panjang gelombang dan frekuensi dihubungkan dengan energi foton (E) menurut persamaan:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.1)$$

Dimana:

h = Tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-27}$ erg/s)

c = Kecepatan Cahaya (3×10^8 m/s)

Dari persamaan tersebut tampak bahwa energi radiasi berbeda-beda tergantung pada panjang gelombangnya. Energi semakin kecil dengan semakin besar panjang gelombang radiasi. Spektra absorpsi sering dinyatakan dalam %T maupun dalam bentuk A (absorbansi). Maka,

$$A = -\log (\%T) \quad (2.2)$$

2.1.4. Interaksi Cahaya dengan Materi

Banyak instrumen yang telah dikembangkan untuk keperluan pengukuran secara kuantitatif, diantaranya berdasarkan sifat optik senyawa yang dianalisis. Analisis optik melibatkan interaksi radiasi elektromagnetik dengan bahan-bahan kimia. Dalam analisis ini secara umum parameter pengukuran yang digunakan adalah absorpsi cahaya, hamburan cahaya, emisi cahaya, indeks refraksi suatu zat, rotasi cahaya yang terpolarisasi [10].

2.1.4.1 Absorpsi Cahaya

Zat kimia dapat mengabsorpsi cahaya melalui berbagai cara. Bila zat kimia mengabsorpsi cahaya, maka energi cahaya tersebut diubah menjadi bentuk energi lain. Elektron valensi pada atom atau ion dapat mengabsorpsi energi cahaya UV atau visible sehingga menyebabkan elektron pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Atom hanya dapat mengabsorpsi energi bila energi tersebut setara dengan perbedaan energi dari dua tingkat energi. Jika energi cahaya tidak cukup memadai dengan tingkat energi atom, maka cahaya hanya akan melewatinya tanpa diabsorpsi. Energi berhubungan dengan panjang gelombang, oleh karena itu juga berkaitan dengan warna cahaya [11].

2.1.4.2 Emisi Cahaya

Jika elektron pada keadaan tereksitasi kembali ke tingkat energi yang lebih rendah kembali, maka akan diemisikan energi dalam bentuk cahaya. Cahaya yang diemisikan memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan perbedaan tingkat energi yang terlibat dalam proses emisi. Karena panjang gelombang emisi tertentu, maka berarti bahwa cahaya yang diemisikan akan memiliki warna tertentu [11].

2.1.5. Hukum Dasar (Hukum *Beer-Lambert*)

Prinsip kerja spektrofotometer berdasarkan hukum *Beer-Lambert* [13], bila cahaya monokromatik (I_0) melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap (I_a), sebagian dipantulkan (I_r), dan sebagian lagi dipancarkan (I_t). Transmittan adalah perbandingan intensitas cahaya yang ditransmisikan ketika melewati sampel (I_t) dengan intensitas cahaya mula-mula sebelum melewati sampel (I_0).

Berdasarkan hukum *Beer-Lambert*, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang dihamburkan adalah:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad (2.3)$$

atau

$$\%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100\% \quad (2.4)$$

Absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0} \quad (2.5)$$

I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Rumus yang diturunkan dari Hukum *Beer-Lambert* dapat ditulis sebagai berikut [9]:

$$A = a \cdot b \cdot c \quad \text{atau} \quad A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (2.6)$$

Keterangan:

A = absorbansi

a = tetapan absorbtivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm)

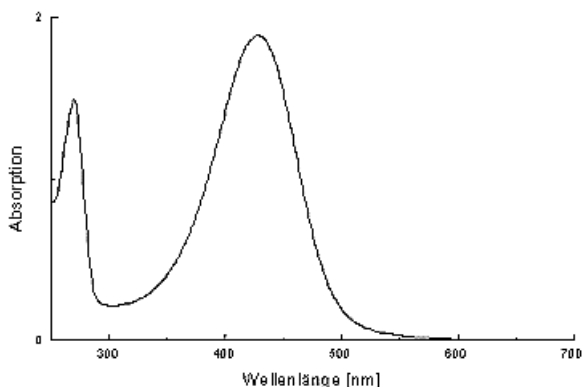
c = Konsentrasi larutan yang diukur

ε = Tetapan absorbtivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm)

b = Tebal larutan (tebal kuvet diperhitungkan juga umumnya 1 cm)

Persyaratan hukum *Beer-Lambert*, antara lain:

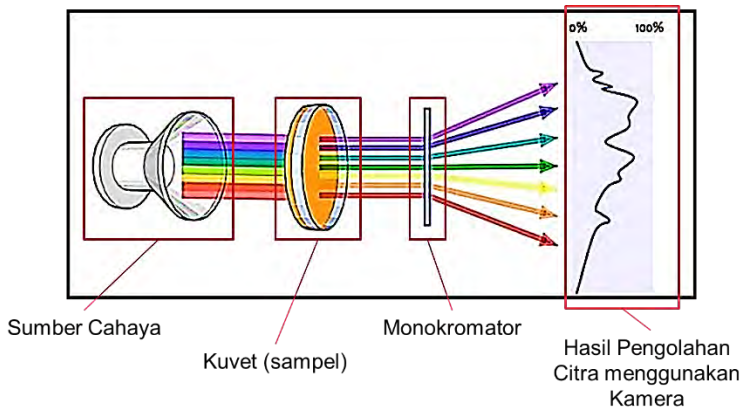
1. Radiasi yang digunakan harus monokromatik.
2. Energi radiasi yang diabsorpsi oleh sampel tidak menimbulkan reaksi kimia.
3. Sampel (larutan) yang mengabsorpsi harus homogen, tidak terjadi fluoresensi atau fosforesensi, dan indeks refraksi tidak berpengaruh terhadap konsentrasi, jadi larutan tidak pekat (harus encer).



Gambar 2.5 Grafik Absorbansi terhadap Panjang Gelombang

2.1.6. Instrumentasi Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometer UV-Vis (*Ultraviolet-Visible*) merupakan alat yang terdiri dari dua komponen utama yaitu spektrometer dan fotometer [14]. Spektrometer menghasilkan spektra dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer merupakan alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif bila energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer adalah kemampuan alat tersebut untuk lebih menyeleksi panjang gelombang yang diinginkan dengan adanya alat pengurai seperti prisma, *grating* atau celah optis. Secara garis besar spektrofotometer terdiri dari 4 bagian penting, yaitu sumber cahaya, monokromator, kuvet dan detektor.



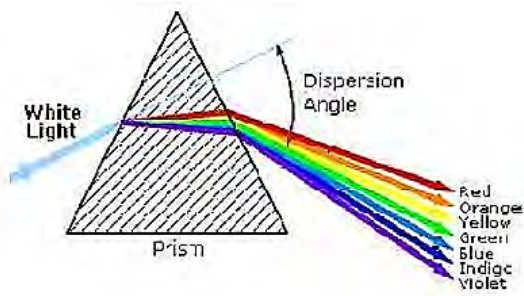
Gambar 2.6 Skema Spektrofotometer berbasis Pengolahan Citra

2.1.6.1 *Sumber Cahaya*

Sumber radiasi dalam spektrofotometri serapan mempunyai dua fungsi, yang pertama memberikan energi pada daerah panjang gelombang yang tepat untuk pengukuran, sedangkan yang kedua untuk mempertahankan intensitas sinar yang tetap selama pengukuran. Untuk spektrofotometer sinar tampak (*visible*) digunakan lampu *wolfram* sebagai sumber cahaya. Lampu *wolfram* menghasilkan panjang gelombang dengan nilai di atas 375 nm. Sementara itu, untuk spektrofotometer sinar UV digunakan lampu *deuterium* yang memiliki panjang gelombang di bawah 375 nm. Energi yang dipancarkan sumber sinar bervariasi sesuai dengan panjang gelombangnya.

2.1.6.2 *Monokromator*

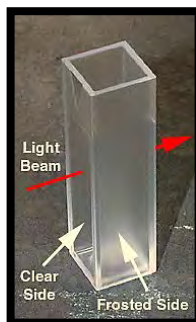
Monokromator adalah alat yang berfungsi untuk menguraikan cahaya polikromatis menjadi beberapa komponen panjang gelombang tertentu (monokromatis) yang berbeda (terdispersi).



Gambar 2.7 Prinsip Monokromator

2.1.6.3 Kuvet

Kuvet spektrofotometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat contoh atau cuplikan yang akan dianalisis. Kuvet biasanya terbuat dari bahan kuarsa, *plexiglass*, kaca ataupun plastik dengan bentuk tabung empat persegi panjang 1 x 1 cm dan tinggi 5 cm. Pada pengukuran di daerah UV dipakai kuvet kuarsa atau *plexiglass*, sedangkan kuvet dari kaca tidak dapat dipakai sebab kaca mengabsorpsi sinar UV. Semua macam kuvet dapat dipakai untuk pengukuran di daerah sinar tampak (*visible*).



Gambar 2.8 Kuvet Standar untuk Spektrofotometer

2.1.6.4 Detektor

Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh

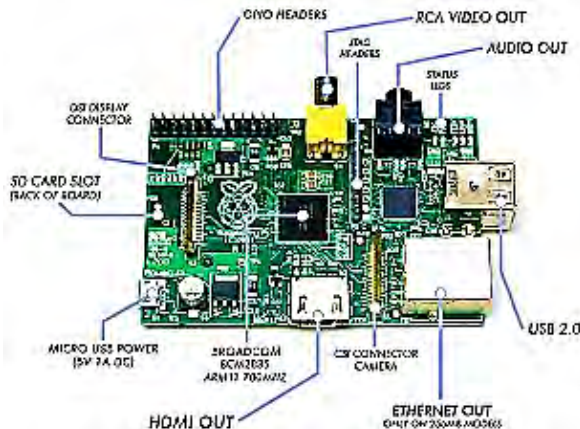
penampil data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital. Dengan mengukur transmitans larutan sampel, dimungkinkan untuk menentukan konsentrasinya dengan menggunakan hukum Lambert-Beer.

Spektrofotometer akan mengukur intensitas cahaya melewati sampel (I), dan membandingkan ke intensitas cahaya sebelum melewati sampel (I_0). Rasio disebut *transmittance* dan biasanya dinyatakan dalam persentase (%T) sehingga bisa dihitung besar absorbansi (A) dengan rumus $A = -\log \%T$.

2.1.7. *Raspberry Pi*[®]

Raspberry Pi[®] (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (Single-Board Computer) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan *Raspberry Pi*[®] di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah. *Raspberry Pi*[®] menggunakan *System on a Chip* (SoC) dari Broadcom BCM2835, juga sudah termasuk prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz, GPU VideoCore IV dan RAM sebesar 256 MB (untuk Rev. B) [3].

Berbeda dengan komputer pada umumnya, mini komputer ini menggunakan SD Card untuk proses booting dan penyimpanan pada proses yang lama. Perangkat ini menggunakan operating system(OS) yang berbeda dengan komputer pada umumnya. OS yang digunakan berbasis linux dengan berbagai jenis , beberapa diantaranya yang sudah sering dipakai di masyarakat umum adalah raspbian dan Fedora [15].



Gambar 2.9 *Raspberry Pi*[®] Model B

2.1.8. Spektrofotometer Standar yang Digunakan Sebagai Pembanding

Pengujian sistem spektrofotometer yang dirancang dilakukan dengan cara membandingkannya dengan spektrofotometer yang biasa digunakan di laboratorium. Salah satu spektrofotometer yang sering dipakai adalah *Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700* dari *Labomed, Inc.* yang terdapat di Laboratorium Terpadu II Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Spesifikasi dari spektrofotometer acuan adalah sebagai berikut.

1. *Optical System* : *Dual Beam*
2. *Wavelength Range* : 190 nm – 1100 nm
3. *Spectral Bandwidth* : 1.0 nm
4. *Wavelength Display* : 0.1 nm resolution
5. *Stray Light* : $\leq 0.12\%T$ (220nm NaI, 340nm NaNO₂)
6. *Wavelength Accuracy* : + 0.3nm (with automatic wavelength correction)
7. *Light Source* : *Socket Deuterium Lamp and Socket Tungsten Halogen Lamp*
8. *Detector* : *Silicon photodiode*



Gambar 2.10 *Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700* dari *Labomed, Inc.* sebagai Spektrofotometer Acuan

Selanjutnya spektrofotometer di atas digunakan sebagai standar spektrofotometer acuan untuk sistem spektrofotometer yang dirancang oleh penulis.

2.2. Tinjauan Pustaka

Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan untuk menguji parameter protein yang dijadikan sebagai acuan klasifikasi susu sapi perah, diantaranya metode Kjeldahl, titrasi formol, metode Lowry, metode biuret dan metode spektrofotometri UV. *Library* program yang digunakan dalam tugas akhir juga akan dibahas.

2.2.1. Metode-Metode Analisa Protein

Berikut ini merupakan metode-metode yang sudah digunakan secara umum untuk menganalisa protein.

2.2.1.1. Metode Kjeldahl

Protein merupakan senyawa makromolekul kompleks yang terdiri dari unsur C, H, O, N, S, dan dalam bentuk kompleks mengandung unsur P. Penetapan kadar protein dengan metode Kjeldahl merupakan metode empiris (secara tidak langsung) yaitu melalui penetapan kadar N dalam bahan. Dengan metode ini, senyawa-senyawa bernitrogen yang lain selain protein juga terukur sebagai protein sehingga metode ini sering disebut penetapan protein kasar [16]. Tahapan analisis protein dengan metode Kjeldahl meliputi destruksi, destilasi, dan titrasi. Destruksi bertujuan melepaskan unsur N dari protein yang diubah menjadi amonium sulfat. Pada tahap destilasi amonium sulfat diubah menjadi amoniak yang ditangkap oleh larutan asam standar berlebih. Sisa asam yang tidak bereaksi dengan amoniak dititrasi, sehingga dapat diketahui jumlah amoniak dari N protein sampel [17].

Cara Kjeldahl pada umumnya dapat dibedakan atas dua cara, yaitu cara makro dan semimikro [18]. Cara makro Kjeldahl digunakan untuk contoh yang sukar dihomogenisasi dan besar contoh 1-3 gr, sedang semimikro Kjeldahl dirancang untuk contoh ukuran kecil yaitu kurang dari 300 mg dari bahan yang homogen. Cara analisis tersebut akan berhasil baik dengan asumsi nitrogen dalam bentuk ikatan N-N dan N-O dalam sampel tidak terdapat dalam jumlah yang besar. Metode ini telah banyak mengalami modifikasi. Metode ini cocok digunakan secara semimikro, sebab hanya memerlukan jumlah sampel

dan pereaksi yang sedikit dan waktu analisa yang pendek. Cara Kjeldahl digunakan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung, karena yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya.

2.2.1.2. *Titration Formol*

Larutan protein dinetralkan dengan basa (NaOH) lalu ditambahkan formalin akan membentuk dimethylol. Terbentuknya dimethylol ini berarti gugus aminonya sudah terikat dan tidak akan mempengaruhi reaksi antara asam dengan basa NaOH sehingga akhir titrasi dapat diakhiri dengan tepat. Indikator yang digunakan adalah p.p., akhir titrasi bila tepat terjadi perubahan warna menjadi merah muda yang tidak hilang dalam 30 detik.

Prosedur Kerja (SNI-01-2891-1992):

1. Pindahkan 10 ml susu atau larutan protein ke dalam erlenmeyer 125 ml dan tambahkan 20 ml aquades dan 0.4 ml larutan Kalium oksalat jenuh (kalium oksalat : air = 1:3) dan 1 ml phenolphthalein 1%. Diamkan selama 2 menit.
2. Titrasi larutan contoh dengan 0.1 N NaOH sampai mencapai warna merah jambu.
3. Setelah warna tercapai, tambahkan 2 ml larutan formaldehid 40% dan titrasilah kembali dengan larutan NaOH sampai warna merah jambu. Catatlah titrasi kedua ini.
4. Buatlah titrasi blanko yang terdiri dari : 10 ml aquades + 20 ml aquades + 0,4 ml larutan K-oksalat jenuh + 1 ml indikator phenolphthalein + 2 ml larutan formaldehid dan titrasi dengan larutan NaOH.
5. Titrasi terkoreksi yaitu titrasi yang kedua dikurangi titrasi blanko merupakan titrasi formol. Untuk mengetahui % protein, harus dibuat percobaan serupa dengan menggunakan larutan yang telah diketahui kadar proteinnya (misalnya dengan menggunakan metode Kjeldahl).
6. Untuk susu dapat digunakan faktor 1,83, sedangkan untuk kasein faktor konversi 1,63.

$$\%Protein = \frac{\text{titrasi formol}}{\text{g bahan} \times 10} \times N. NaOH \times 14.008 \times FK \quad (2.7)$$

Titration formol kurang praktis untuk penentuan kadar protein secara absolut, karena tiap-tiap jenis protein perlu dicari faktor

konversinya. Cara ini lebih sesuai untuk menentukan secara cepat pemecahan protein [18].

2.2.1.3. Metode Spektrofotometri Biuret

Reaksi Biuret merupakan reaksi atau metode yang digunakan untuk mengetahui atau membuktikan keberadaan ikatan peptida pada suatu larutan. Keberadaan ikatan peptida ini menunjukkan bahwa larutan tersebut mengandung salah satu sumber energi bagi tubuh yaitu protein. Perubahan warna ungu pada larutan putih telur menunjukkan larutan tersebut mengandung protein. Pada masing-masing tabung, mengalami perubahan warna menjadi biru setelah ditetesi biuret. Semakin pekat warna biru, semakin tinggi pula kadar protein yang dikandungnya [18].

2.2.1.4. Metode Spektrofotometri UV

Asam amino penyusun protein diantaranya adalah triptofan, tirosin dan fenilalanin yang mempunyai gugus aromatik. Triptofan mempunyai absorpsi maksimum pada 280 nm, sedang untuk tirosin mempunyai absorpsi maksimum pada 278 nm. Fenilalanin menyerap sinar kurang kuat dan pada panjang gelombang lebih pendek. Absorpsi sinar pada 280 nm dapat digunakan untuk estimasi konsentrasi protein dalam larutan. Supaya hasilnya lebih teliti perlu dikoreksi kemungkinan adanya asam nukleat dengan pengukuran absorpsi pada 260 nm. Pengukuran pada 260 nm untuk melihat kemungkinan kontaminasi oleh asam nukleat. Rasio absorpsi 280/260 menentukan faktor koreksi yang ada dalam suatu tabel [18].

2.2.1.5. Metode Lowry

Reagen pendeteksi gugus-gugus fenolik seperti reagen folin dan ciocalteu telah digunakan dalam penentuan konsentrasi protein oleh Lowry (1951) yang kemudian dikenal dengan metode Lowry. Dalam bentuk yang paling sederhana reagen folin ciocalteu apt mendeteksi residu tirosin (dalam protein) karena kandungan fenolik dalam residu tersebut mampu mereduksi fosfotungstat dan fosfomolibdat, yang merupakan konstituen utama reagen folin ciocalteu, menjadi tungsten dan molibdenum yang berwarna biru. Hasil reduksi ini menunjukkan puncak absorpsi yang lebar pada daerah merah. Sensitivitas dari metode folin ciocalteu ini mengalami perbaikan yang cukup signifikan apabila digabung dengan ion-ion Cu.

Berawal dari pemanfaatan alat spektrofotometer yaitu untuk mengukur jumlah penyerapan zat suatu senyawa, penyerapan cahaya pada senyawa larutan tersebut dapat digunakan sebagai dasar atau pedoman dalam penentuan konsentrasi larutan atau senyawa secara kuantitatif. Keuntungan metode Lowry adalah 100 kali lipat lebih sensitif dibandingkan dengan metode Biuret [18].

Beberapa zat yang bisa mengganggu penetapan kadar protein dengan metode Lowry ini, diantaranya buffer, asam nuklet, gula atau karbohidrat, deterjen, gliserol, Tricine, EDTA, Tris, senyawa-senyawa kalium, sulfhidril, disulfida, fenolat, asam urat, guanin, xanthine, magnesium, dan kalsium. Interferensi agen-agen ini dapat diminimalkan dengan menghilangkan interferens tersebut. Sangat dianjurkan untuk menggunakan blanko untuk mengkoreksi absorbansi. Interferensi yang disebabkan oleh detergen, sukrosa dan EDTA dapat dieliminasi dengan penambahan SDS atau melakukan preparasi sampel dengan pengendapan protein.

2.2.2. Metode yang Digunakan Untuk Pengujian dan Analisa

Metode yang digunakan untuk analisa pada bab ini adalah metode spektrofotometri biuret. Metode ini merupakan cara terbaik untuk menentukan kadar protein sampel. Prinsip penetapan protein metode Biuret adalah pada kondisi basa, Cu^{2+} membentuk kompleks dengan ikatan peptida (-CO-NH-) suatu protein menghasilkan warna ungu, sehingga kadar protein sampel dapat ditetapkan dengan spektrofotometer [18].

2.2.2.1. Bahan yang Dibutuhkan

Bahan yang digunakan untuk pengujian spektrofotometri biuret dirinci berikut ini.

1. Sampel (air susu murni sapi perah)
2. Reagen biuret
3. Protein standar (BSA)
4. Aquades
5. Asam asetat glasial

2.2.2.2. Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian spektrofotometri biuret dirinci berikut ini.

1. Spektrofotometer
2. Sentrifuse dan tube sentrifuse
3. Waring blender
4. Tabung reaksi
5. Timbangan analitik
6. Cawan porselen dan mortar
7. Batang pengaduk kaca
8. Pipet volume 1 ml, 5 ml, 10 ml dan bola hisap
9. Corong
10. Kertas saring
11. Erlenmeyer
12. Vortex

2.2.2.3. *Prosedur Pembuatan Reagen Biuret*

1. 150 mg tembaga (II) sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dan kalium natrium tartarat ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dilarutkan ke dalam 50 ml aquades dalam labu takar 100 ml.
2. 30 ml natrium hidroksida 10 % ditambahkan ke dalam labu takar sambil dikocok perlahan, selanjutnya ditambahkan aquades sampai garis tanda.

2.2.2.4. *Prosedur Pembuatan Kurva Standar*

1. BSA (*Bovine Serum Albumin*) dilarutkan ke dalam air dengan konsentrasi 10 mg/ml.
2. Sebanyak 0 (blanko), 0.05, 0.1, 0.2 dan 0.4 ml larutan protein standar dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan aquades sampai volume total masing-masing 1 ml.
3. Sebanyak 3 ml pereaksi biuret ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi kemudian diletakkan di atas divortex.
4. Tabung disimpan pada suhu 37°C selama 10 menit atau pada suhu kamar selama 30 menit hingga terbentuk warna ungu yang sempurna.
5. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.

2.2.2.5. *Prosedur Persiapan Sampel*

1. Sejumlah 10 gram susu bubuk dilarutkan ke dalam 50 ml aquades.
2. Larutan susu dipanaskan dan diberi larutan asam asetat glasial sampai semua protein mengendap.

3. Protein yang mengendap disaring dengan menggunakan kertas saring kasar, filtrat sisa hasil penyaringan dibuang.
4. Endapan yang telah didapatkan dari hasil penyaringan dianginkeringkan.

2.2.2.6. Prosedur Penetapan Kadar Protein Sampel

1. Sebanyak 3.4 gram endapan protein dilarutkan dalam 1 ml aquades.
2. Sebanyak 4 ml larutan pereaksi biuret ditambahkan ke larutan sampel.
3. Larutan sampel dikocok perlahan sampai endapan protein terlarut sempurna.
4. Larutan sampel didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang.
5. Larutan sampel dibaca nilai absorbansinya pada panjang gelombang 525 nm.
6. Kadar protein dihitung dengan menggunakan kurva standar dan nilai kadar protein bisa didapatkan melalui prosedur perhitungan.

2.2.2.7. Prosedur Perhitungan

$$\text{Konsentrasi Standar (mg/ml)} = \frac{V_{\text{standar}}}{V_{\text{total}}} \times \text{Kons. BSA} \quad (2.8)$$

Persamaan regresi linier didapatkan dari kurva standar:

$$y = ax + b \quad (2.9)$$

Dimana:

y = nilai absorbansi sampel

x = konsentrasi sampel

$$\text{Protein (\%)} = \frac{FP \times V_{\text{akhir}} \text{ (ml)} \times \text{kons. sampel}}{\text{berat sampel (gr)} \times 1000} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan:

FP = Faktor Pengenceran

$$FP = \frac{V_{\text{pengencer}} \text{ (ml)} + V_{\text{sampel}} \text{ (ml)}}{V_{\text{sampel}} \text{ (ml)}} \quad (2.11)$$

2.2.3. Hubungan Absorbansi dengan Kadar Protein

Secara teknis, spektrofotometer dalam laboratorium berfungsi untuk mengukur transmitansi atau absorbansi suatu sampel yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang. Panjang gelombang suatu sampel berbeda-beda sesuai dengan warna spektrum yang digunakan. Untuk pengujian kadar protein digunakan metode spektrofotometri biuret yang menghasilkan warna ungu pada sampel, sehingga panjang gelombang dengan absorbansi nilai tertinggi didapatkan pada kisaran 525 nm. Nilai absorbansi dari sampel air susu sapi perah yang diuji menunjukkan nilai kuantitas kadar proteinnya. Semakin tinggi nilai absorbansi dari sampel yang diuji, maka semakin tinggi kadar proteinnya.

Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linieritas antara absorbansi dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmitansi.

Panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimal, dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu. Panjang gelombang maksimal memiliki kepekaan maksimal karena terjadi perubahan absorbansi yang paling besar. Pada panjang gelombang maksimal, bentuk kurva absorbansi memenuhi hukum Lambert-Beer. Penentuan kadar sampel metode regresi linier yaitu metode parametrik dengan variabel bebas (konsentrasi sampel) dan variabel terikat (absorbansi sampel) menggunakan persamaan garis regresi Kurva Larutan Baku. Konsentrasi sampel dapat dihitung berdasarkan persamaan kurva baku tersebut.

2.2.4. OpenCV

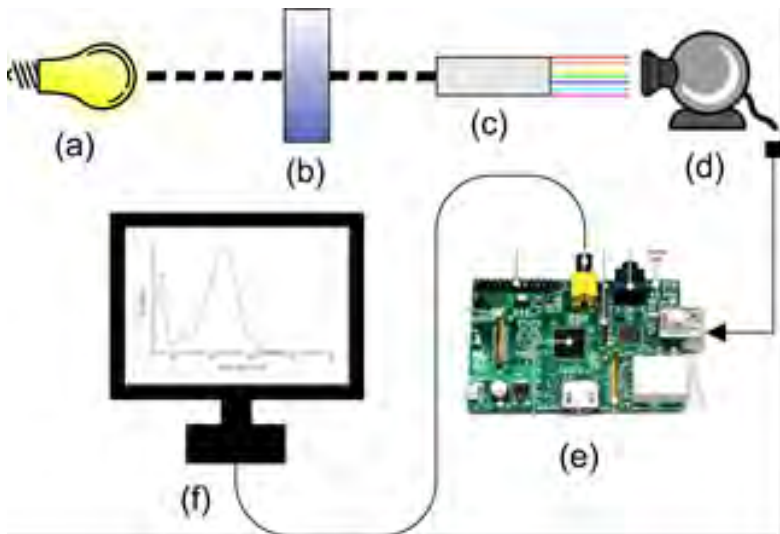
OpenCV (*Open source Computer Vision*) merupakan sebuah library dari fungsi programming untuk *real-time computer vision*. OpenCV dapat dimanfaatkan oleh program-program lainnya (seperti C, C++ dan *Python*) untuk melakukan pengambilan, pengolahan serta penampilan data gambar, baik dalam bentuk *image* dan *video* maupun

real-time video. OpenCV bersifat *Open Source*, dapat digunakan secara bebas baik untuk akademik maupun komersil. *Library* ini dapat dijalankan di hampir semua *Operating System*, diantaranya *Windows*, *Linux*, *Android* dan *Mac* [19].

BAB III

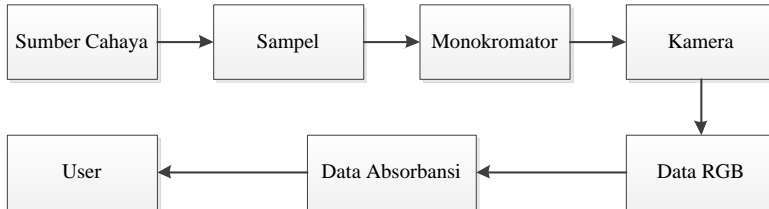
PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dirancang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem akuisisi data dan sistem pemrosesan data. Pada bagian sistem akuisisi data terdapat sumber cahaya, sampel, monokromator dan kamera, sedangkan pada bagian sistem pemrosesan data terdapat *Raspberry Pi*[®] dan monitor sebagai *interface* untuk pengguna. Pada bagian sistem akuisisi data, kamera berfungsi sebagai pengambil citra, selanjutnya citra tersebut akan diolah dengan *Raspberry Pi*[®] untuk diidentifikasi dan hasilnya ditampilkan melalui monitor. Secara interaktif, ilustrasi cara kerja dari sistem ditampilkan dalam Gambar 3.1. Terdapat 6 elemen utama dalam perancangan sistem secara utuh. Elemen tersebut diantaranya sumber cahaya, kuvet, monokromator, kamera, *Raspberry Pi*[®] dan monitor. Untuk spesifikasi masing-masing elemen akan dijelaskan lebih lanjut di sub-bab perancangan perangkat keras.



Gambar 3.1 Ilustrasi Cara Kerja Sistem dengan Elemen (a) Sumber Cahaya, (b) Kuvet, (c) Monokromator, (d) Kamera, (e) *Raspberry Pi*[®] dan (f) Monitor

Sistem yang dirancang ini memiliki fungsi untuk mendapatkan nilai absorbansi beserta grafik dari sampel berupa cairan yang diuji. Blok diagram dari sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem secara Keseluruhan

Cara kerja sistem ini secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

1. Sumber cahaya memancarkan cahaya dengan nilai panjang gelombang tertentu.
2. Kuvet yang digunakan sebagai wadah sampel akan menerima pancaran radiasi cahaya dan akan diteruskan menuju monokromator.
3. Monokromator berfungsi untuk mengubah cahaya polikromatis menjadi monokromatis, sehingga nilai panjang gelombang dari sumber cahaya dapat diidentifikasi.
4. Kamera menangkap data gambar.
5. *Raspberry Pi*[®] melakukan pengolahan citra dari data gambar yang diambil oleh kamera. Data gambar berupa nilai RGB yang diinterpretasikan dalam bentuk grafik fungsi, selanjutnya data tersebut ditampilkan pada monitor.

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini merupakan perangkat dasar yang digunakan untuk membangun sebuah spektrofotometer. Perangkat keras yang digunakan diantaranya adalah sumber cahaya berupa lampu wolfram dan laser pointer, kuvet sebagai wadah sampel, monokromator untuk proses spektroskopi, kamera *webcam* untuk mengambil data gambar dan *Raspberry Pi*[®] untuk proses komputasi dan program.

3.1.1. Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang digunakan ada dua, yaitu lampu *tungsten halogen* dan *laser pointer*. Lampu *tungsten halogen* mempunyai panjang

gelombang berkisar antara 400-700 nm, sehingga lampu jenis ini cocok digunakan sebagai sumber cahaya untuk spektrofotometer jenis *visible*. Sedangkan *laser pointer* yang digunakan mempunyai spesifikasi panjang gelombang 525 nm. *Laser pointer* merupakan sumber cahaya yang bertipe monokromatis (hanya 1 tingkatan panjang gelombang).



Gambar 3.3 Lampu *Tungsten Halogen* dan *Laser Pointer* 525 nm

Berikut ini merupakan spesifikasi dari sumber cahaya yang digunakan pada sistem:

Tabel 3.1 Spesifikasi Sumber Cahaya yang Digunakan

Spesifikasi	<i>Tungsten Halogen</i>	<i>Laser Pointer</i>
Daya Keluaran	15 Watt	Maksimal 5 mWatt
Panjang Gelombang (nm)	380-700	532 ± 10 (525 setelah kalibrasi)

3.1.2. Kuvet

Kuvet yang digunakan terbuat dari bahan plastik dan berukuran 1 cm x 1 cm x 4 cm, dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bentuk Fisik Kuvet

3.1.3. Monokromator (Filter)

Monokromator yang digunakan berjenis *grating spectroscope*, berfungsi sebagai filter yang mengubah cahaya polikromatis menjadi monokromatis. Prinsip yang digunakan monokromator sama halnya seperti prinsip prisma.



Gambar 3.5 Monokromator Tipe *Grating Spectroscope*

3.1.4. Kamera

Kamera yang digunakan berjenis *Webcam Camera* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *Resolution* : 1920 x 1080 *pixels* (1080p *Full HD*)
- *Frame Rate* : 30 *fps* (*frame per second*)
- *Computer Interface* : USB 2.0

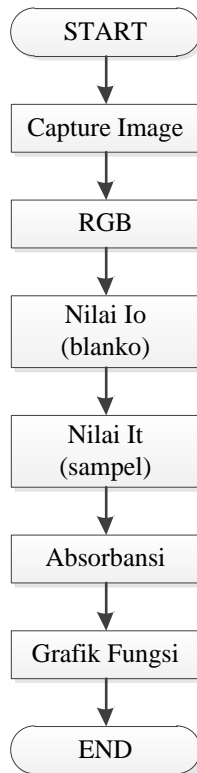
3.1.5. *Raspberry Pi*® untuk Komputasi

Pada sistem digunakan *Raspberry Pi*® Tipe B dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *CPU* : 700 MHz ARM1176JZF-S *core*
- *Memory* : 256 MiB SDRAM
- *Video Output* : *Composite RCA & HDMI*
- *Onboard Storage* : SD/MMC/SDIO *card slot*
- *Power Ratings* : 700 mA (3.5 Watt)
- *Power Source* : 5 Volt (MicroUSB/GPIO *Header*)
- *Size* : 85.60 mm x 53.98 mm

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian perancangan lunak ini meliputi algoritma pemrograman yang digunakan antara lain pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi data.

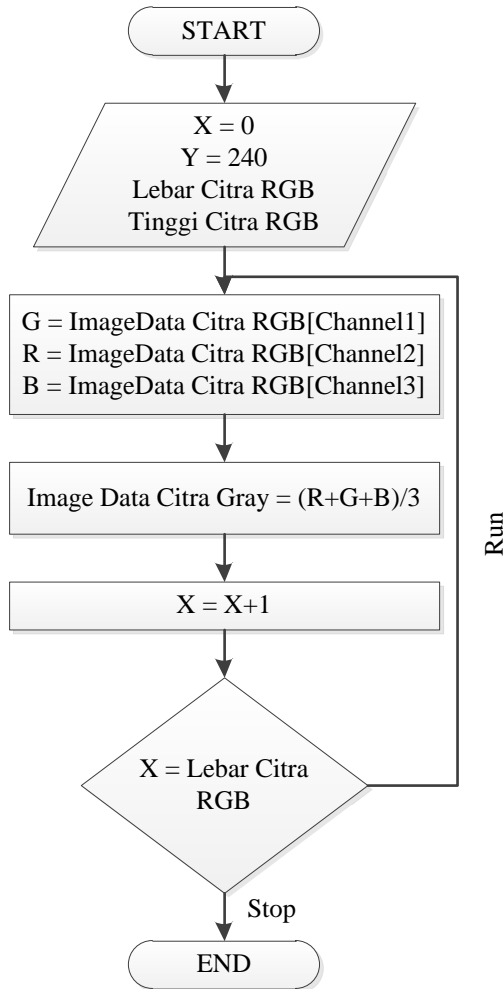


Gambar 3.6 *Flow Chart* Sistem Pengolahan Citra

3.2.1. Pengolahan Data RGB

Pengambilan data menggunakan kamera *webcam* sebagai divais pengambil data gambar dan OpenCV sebagai *library* untuk mengambil, mengolah dan menampilkan data gambar. Adapun semua proses pengolahan data gambar dilakukan menggunakan *Raspberry Pi*[®].

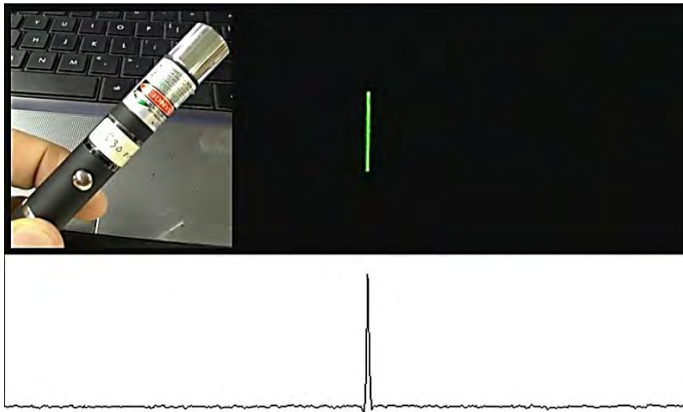
Proses pengolahan dan pemrosesan dipermudah dengan cara dilakukan proses untuk mereduksi matrik penyusun citra dari 3 matrik menjadi 1 matrik. Proses ini dinamakan *grayscale* yaitu mengubah citra berwarna menjadi bentuk citra *grayscale* [20].



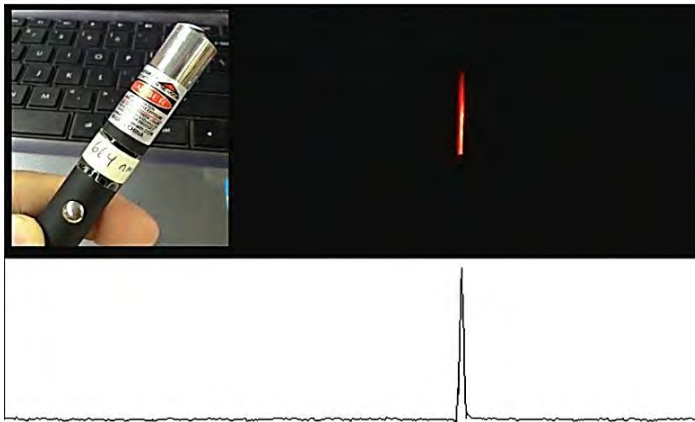
Gambar 3.7 Flow Chart Pengolahan Data RGB dan *Grayscale*

3.2.2. Proses Kalibrasi Panjang Gelombang

Proses kalibrasi digunakan untuk menentukan skala panjang gelombang dan absorbansi dengan tepat supaya grafik data gambar yang dimunculkan presisi (data yang didapat pun sesuai). Dua buah *laser pointer* dengan panjang gelombang spesifik 530 nm dan 664 nm digunakan untuk kalibrasi panjang gelombang. Proses kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 530 nm



Gambar 3.9 Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 664 nm

Penentuan skala panjang gelombang pada sistem digunakan skala perbandingan antara nilai piksel dengan panjang gelombang kalibrasi yang telah diketahui. Resolusi yang digunakan pada citra sebesar 640 (lebar) x 480 (tinggi) piksel. Berikut ini nilai letak piksel dengan panjang gelombang berdasarkan kalibrasi *laser pointer*:

1. 530 nm = (342,342)
2. 664 nm = (421, 328)

Jika panjang gelombang menggunakan penskalaan pada sisi horizontal, maka nilai piksel yang digunakan adalah piksel lebar (0 sampai dengan 640). Berdasarkan skala tersebut, panjang gelombang 530 nm terletak pada piksel (342,Y) dan panjang gelombang 664 nm terletak pada panjang gelombang (421,Y), sehingga jarak antara 530-664 nm sebanding dengan jarak antara piksel X (lebar) 342-421. Setelah dikalkulasi, nilai perbandingan antara jarak antar piksel dengan panjang gelombang adalah 1:1,69620253. Rincian nilai konversi panjang gelombang dalam nilai piksel disajikan pada Tabel 3.2. Pada Tabel 3.2 panjang gelombang yang digunakan pada penelitian ini adalah 525 nm.

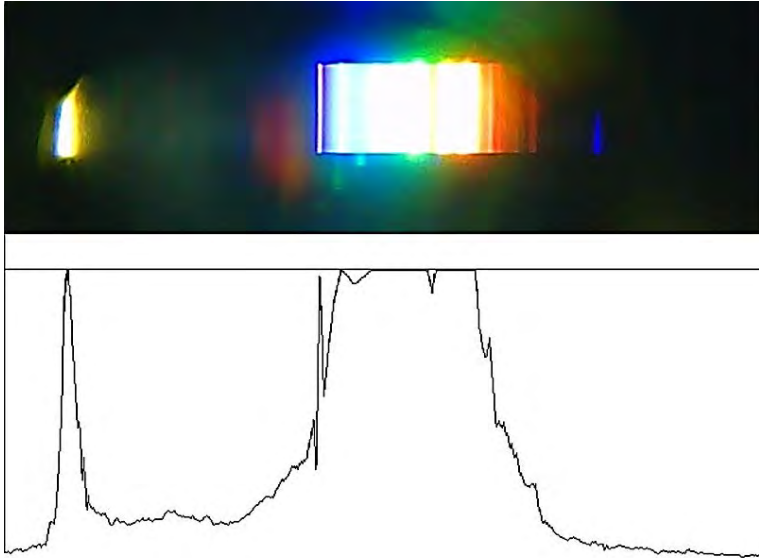
Tabel 3.2 Konversi Panjang Gelombang dalam Nilai Piksel

No.	Panjang Gelombang (nm)	Nilai Piksel (<i>width</i>)
1	0	29
2	100	88
3	200	147
4	300	206
5	400	265
6	500	324
7	600	383
8	700	442
9	800	501
10	900	560
11	1000	619
12	525	338

3.2.3. Proses Kalibrasi Batas Nilai Absorbansi

Pengambilan nilai batas absorbansi antara nilai batas minimum sampai dan nilai batas maksimum menggunakan metode yang hampir sama dengan proses kalibrasi sebelumnya. Batas nilai 0 menggunakan nilai piksel yang telah ditentukan, sedangkan batas nilai 1 menggunakan

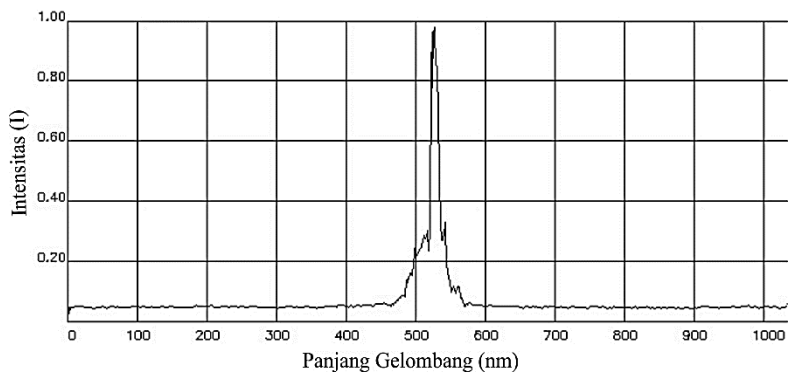
sumber cahaya yang *oversaturation* sehingga didapatkan nilai batas maksimum intensitas yang dapat diketahui. Wujud kalibrasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai intensitas ditampilkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Proses Kalibrasi Batas Nilai Intensitas

Berdasarkan kalibrasi di atas maka didapatkan batas intensitas minimum berada pada piksel (X,440), sedangkan batas intensitas maksimum didapatkan pada piksel (X,185). Berdasarkan batas intensitas tersebut maka nilai intensitas dari 0 sampai dengan 1 sebanding dengan nilai piksel ketinggian 440 sampai dengan 185.

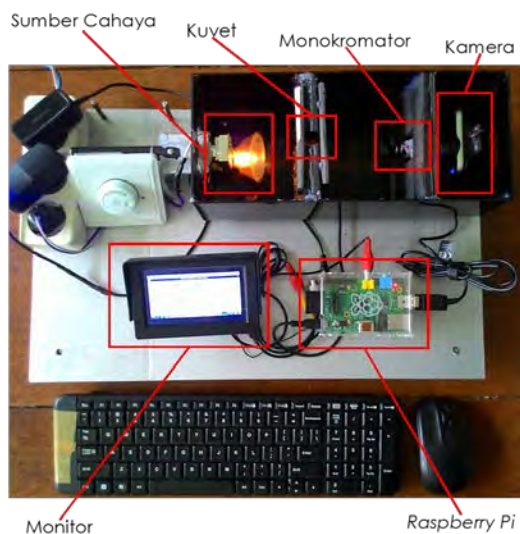
Tingkat absorbansi berbanding terbalik dengan tingkat intensitas. Jika nilai absorbansi semakin tinggi, maka intensitas cahaya yang terdeteksi semakin rendah. Grafik fungsi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan intensitas. Grafik fungsi panjang gelombang terhadap nilai intensitas yang dimunculkan setelah melalui proses kalibrasi dan penskalaan disajikan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Nilai Intensitas

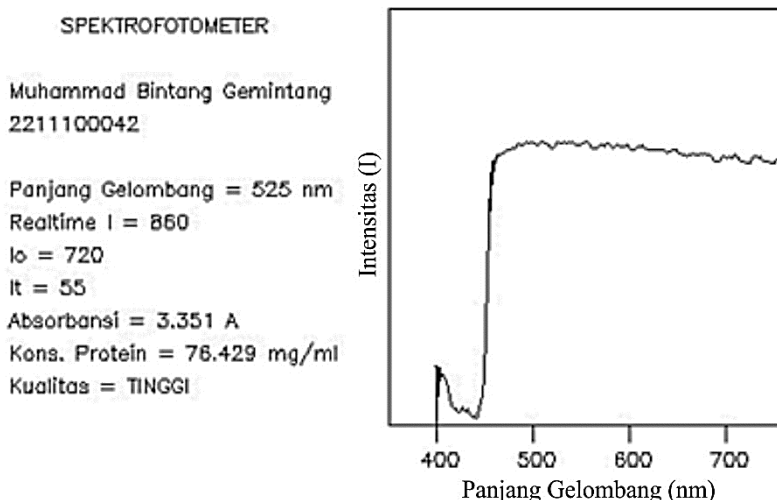
3.3. Hasil Akhir Desain Perancangan Sistem

Hasil akhir dari desain perancangan berupa sebuah sistem spektrofotometer yang metode sistemnya berbasis pengolahan citra dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®] sebagai divais pemrosesan.



Gambar 3.12 Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

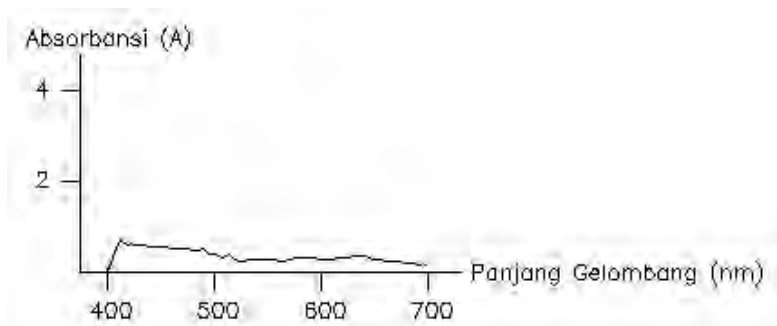
Hasil akhir desain perancangan sistem terdiri atas sumber cahaya, kuvet, monokromator, kamera, *Raspberry Pi*[®] dan monitor sesuai dengan desain perancangan sistem di awal bab ini.



Gambar 3.13 Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Intensitas dalam Program yang Ditampilkan

Nilai-nilai yang ditampilkan pada program adalah nilai pengukuran pada panjang gelombang yang digunakan untuk pengujian dan analisa, yaitu 525 nm. Grafik fungsi berjalan secara *realtime*, sehingga ada nilai intensitas *realtime* (Realtime I). Io merupakan nilai intensitas blanko (intensitas cahaya mula-mula), sedangkan It merupakan nilai intensitas dari sampel yang diuji. Dari nilai Io dan It yang disimpan, didapatkan nilai absorbansi dari rumus yang diterapkan oleh Lambert-Beer. Setelah muncul nilai absorbansi, dihitung nilai konsentrasi protein yang didapatkan berdasarkan rumusan yang didapat dari pembuatan kurva standar. Dari nilai konsentrasi protein didapatkan kadar protein dengan rumusan standar dari metode spektrofotometri biuret. Kualitas sampel air susu sapi perah yang diuji ditinjau dari klasifikasi yang didapatkan dari hasil pengujian. Untuk penggolongan klasifikasi terdapat 3 kelas/golongan, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk grafik fungsi

absorbansi ditampilkan dalam grafik fungsi tersendiri, secara lengkap tersaji dalam Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Absorbansi dalam Program yang Ditampilkan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja daripada sistem yang dirancang. Proses yang dilakukan terkait dengan pengujian sistem ini adalah pengukuran analitik. Tujuan pengukuran pada prinsipnya adalah untuk mencari nilai sebenarnya dari suatu parameter kuantitas kimiawi. Nilai sebenarnya adalah nilai yang mengkarakterisasi suatu kuantitas secara benar dan didefinisikan pada kondisi tertentu yang eksis pada saat kuantitas tersebut diukur. Beberapa contoh parameter yang dapat ditentukan secara analitik adalah konsentrasi, pH, temperatur, titik didih, kecepatan reaksi, dan lain lain. Pengukuran parameter-parameter ini sangat penting, karena data yang diperoleh nantinya tidak hanya sebagai ukuran angka-angka biasa namun juga baik kualitatif maupun kuantitatif dengan dapat menunjukkan nilai besaran yang sebenarnya [13].

Pengujian sistem spektrofotometer yang dirancang dilakukan dengan cara membandingkannya dengan spektrofotometer yang biasa digunakan di laboratorium. Salah satu spektrofotometer yang sering dipakai adalah *Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700* dari *Labomed, Inc.* yang terdapat di Laboratorium Terpadu II Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Berikut spesifikasi dari spektrofotometernya:

- *Optical System* : *Dual Beam*
- *Wavelength Range* : 190 nm – 1100 nm
- *Spectral Bandwidth* : 1.0 nm
- *Wavelength Display* : 0.1 nm resolution
- *Stray Light* : $\leq 0.12\%T$ (220nm NaI, 340nm NaNO₂)
- *Wavelength Accuracy* : +0.3nm (with automatic wavelength correction)
- *Light Source* : *Socket Deuterium Lamp and Socket Tungsten Halogen Lamp*
- *Detector* : *Silicon photodiode*

Spektrofotometer di atas merupakan spektrofotometer acuan dalam penelitian ini yang digunakan sebagai pembanding dari sistem spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi[®]* yang dirancang dalam penelitian ini.

Metode yang digunakan untuk analisa pada bab ini adalah metode spektrofotometri biuret. Metode ini merupakan cara terbaik untuk menentukan kadar protein sampel. Prinsip penetapan protein metode Biuret adalah pada kondisi basa, Cu^{2+} membentuk kompleks dengan ikatan peptida ($-\text{CO}-\text{NH}-$) suatu protein menghasilkan warna ungu, sehingga kadar protein sampel dapat ditetapkan dengan spektrofotometer [18].

4.1. Pengujian Hasil Desain Perancangan Sistem Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa absorbansi dari spektrofotometer hasil perancangan terhadap sampel dengan warna yang berbeda. Sampel yang digunakan sejumlah 4 warna, diantaranya warna merah, hijau, biru dan kuning (Gambar 4.1). Masing-masing sampel diambil data nilai absorbansinya untuk rentang panjang gelombang antara 400-700 nm (sesuai dengan spesifikasi spektrofotometer hasil perancangan).

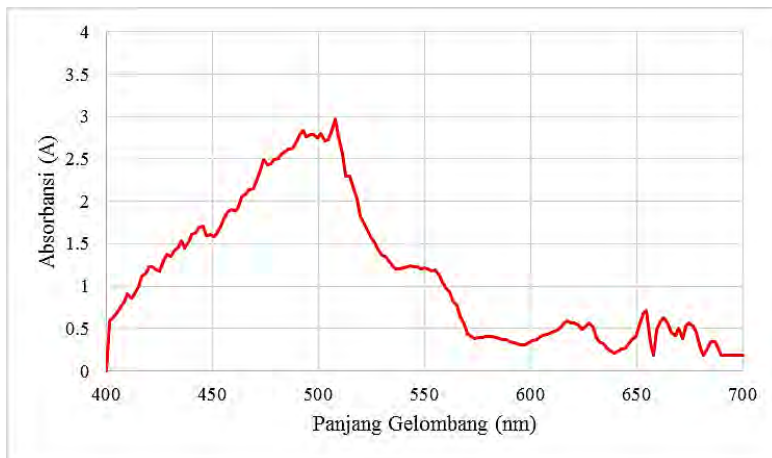


Gambar 4.1 Sampel untuk Pengujian dengan Warna yang Berbeda

4.1.1. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Merah

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna merah. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_0). Setelah itu diuji nilai intensitas dari

sampel warna merah untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log(I_t/I_o)$.

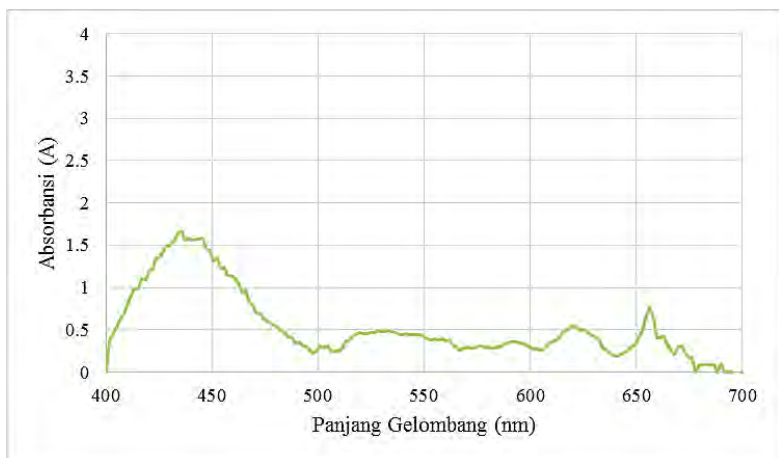


Gambar 4.2 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Merah

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 508 nm dengan nilai absorbansi sebesar 2.975339 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.1.2. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Hijau

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna hijau. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_o). Setelah itu diuji nilai intensitas dari sampel warna hijau untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log(I_t/I_o)$.

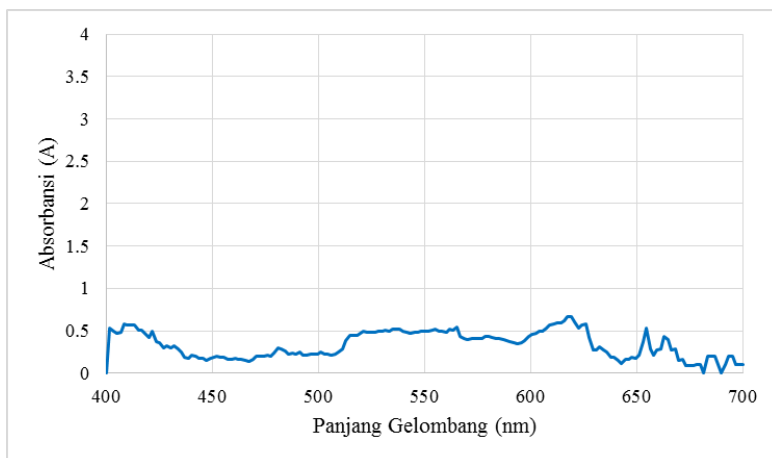


Gambar 4.3 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Hijau

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 435 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1.664643 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.1.3. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Biru

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna biru. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_0). Setelah itu diuji nilai intensitas dari sampel warna biru untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log (I_t/I_0)$.

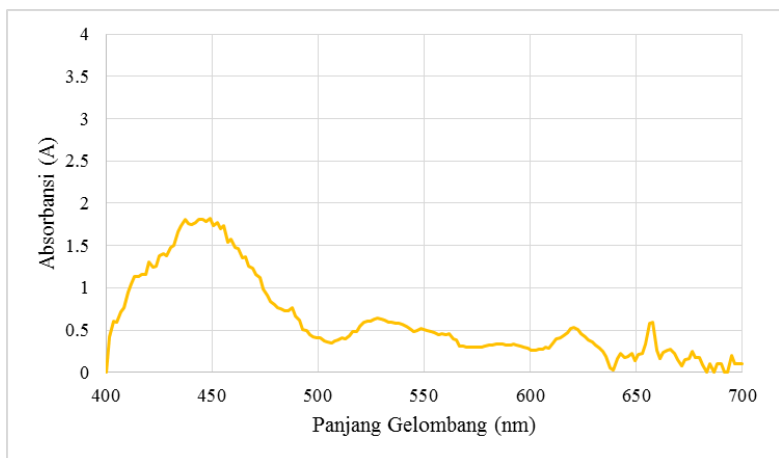


Gambar 4.4 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Biru

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 619 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0.661122 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.1.4. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Kuning

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna kuning. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_o). Setelah itu diuji nilai intensitas dari sampel warna kuning untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log(I_t/I_o)$.



Gambar 4.5 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Kuning

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 449 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1.824151 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.2. Pengujian Perbandingan Nilai Absorbansi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai absorbansi protein dari sampel susu sapi perah antara spektrofotometer acuan dengan spektrofotometer yang dirancang berdasarkan *Raspberry Pi*[®]. Pengujian dilakukan dengan menggunakan ulangan sebanyak 4 kali (pengujian dilakukan sejumlah 4 sampel dengan sampel yang sama). Untuk pengambilan nilai absorbansi dalam setiap ulangan sampel dilakukan 9 kali pengambilan nilai (Gambar 4.1). Metode yang digunakan untuk pengujian protein adalah metode spektrofotometri biuret, seperti yang telah dipaparkan di atas. Protein dari susu diisolasi terlebih dahulu dengan tujuan supaya nilai absorbansi yang didapat merepresentasikan nilai absorbansi protein yang sebenarnya.



Gambar 4.6 Sampel Susu untuk Pengujian Spektrofotometer

Sampel susu yang akan digunakan untuk pengujian dipanaskan dengan menggunakan heater dengan suhu 40°C dan diaduk dengan menggunakan *stirrer* sambil ditetesi larutan asam asetat glasial hingga protein susu terdenaturasi. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas saring kasar untuk mendapatkan endapannya saja, supernatan berupa air hasil saring dibuang. Endapan yang didapatkan dari proses penyaringan dikeringanginkan (Gambar 4.2).



Gambar 4.7 Endapan Kering Protein Susu yang Terisolasi

Endapan yang kering tersebut dimasukkan kembali ke tabung reaksi, kemudian diberi aquades 1 ml dan diaduk rata supaya homogen. Proses

selanjutnya, larutan endapan protein diberi pereaksi biuret untuk selanjutnya diambil nilainya menggunakan spektrofotometer.



Gambar 4.8 Protein Terisolasi diberi Pereaksi Biuret

Proses pengisolasian protein ini dilakukan setiap hari sebelum pengecekan nilai absorbansi dengan menggunakan spektrofotometer. Sampel pengujian yang digunakan untuk hari kedua dan ketiga menggunakan sampel yang sama. Seluruh sampel disimpan dalam temperatur suhu ruang. Pengambilan data nilai absorbansi dilakukan ke alat A dan alat B. Alat A merupakan spektrofotometer acuan yang digunakan, sedangkan alat B merupakan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] yang dirancang dalam penelitian ini.

4.1.1. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 1

Nilai rata-rata absorbansi 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 3.238 A, sedangkan nilai rata-rata absorbansi yang didapatkan untuk alat B sebesar 3.144 A. Rincian data nilai absorbansi untuk hari 1 tersaji dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Nilai Absorbansi Hari 1

Ulangan	Alat A	Alat B
1	3.238	3.133
2	3.240	3.200
3	3.237	3.122
4	3.237	3.122
Rata-rata	3.238	3.144

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.1.2. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 2

Untuk data hari 2, nilai rata-rata absorbansi dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 3.087 A, sedangkan nilai rata-rata absorbansi yang didapatkan untuk alat B sebesar 3.084 A (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Data Nilai Absorbansi Hari 2

Ulangan	Alat A	Alat B
1	3.082	3.066
2	3.179	3.197
3	3.046	3.027
4	3.041	3.044
Rata-rata	3.087	3.084

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.1.3. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 3

Untuk data hari 3, nilai rata-rata absorbansi dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 1.559 A, sedangkan nilai rata-rata absorbansi yang didapatkan untuk alat B sebesar 1.495 A. Secara rinci data nilai absorbansi untuk hari 3 tersaji dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Nilai Absorbansi Hari 3

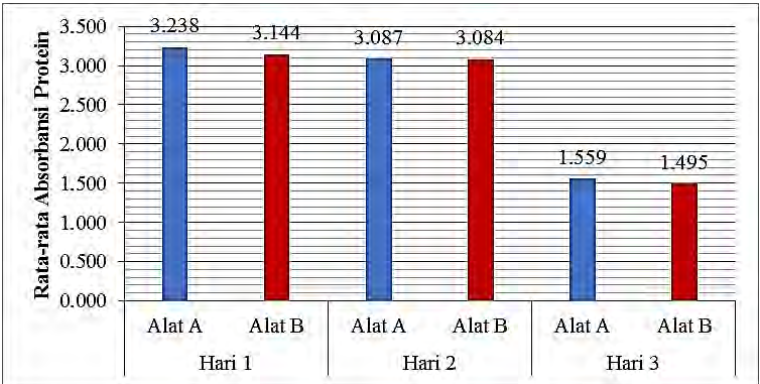
Ulangan	Alat A	Alat B
1	1.602	1.480
2	1.578	1.775
3	1.501	1.407
4	1.556	1.318
Rata-rata	1.559	1.495

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.1.4. Analisa terhadap Data Nilai Absorbansi

Berdasarkan pada data nilai absorbansi protein yang terkumpul dibuat diagram untuk membandingkan nilai absorbansi protein antara alat A dengan alat B dalam kurun waktu 3 hari (Gambar 4.4).



Gambar 4.9 Diagram Rata-rata Nilai Absorbansi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari

Lebih lanjut dilakukan uji statistik non parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov*. Uji statistik non parametrik dipilih karena jumlah ulangan sampel penelitian kurang dari lima sehingga potensi untuk mendapatkan data yang normal dan homogen rendah. Uji statistik non parametrik dilakukan untuk memberikan gambaran perbandingan spektrofotometer pada sampel penelitian pada hari 1, 2 dan 3.

Tabel 4.4 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Absorbansi Hari 1

Statistics ^a		Absorbansi
Most Extreme Differences	Absolute	1.000
	Positive	.000
	Negative	-1.000
Kolmogorov-Smirnov Z		1.414
Asymp. Sig. (2-tailed)		.037

a. Grouping Variable: Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A (spektrofotometer acuan) dan B (spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®) adalah $0.037 < 0.05$, yaitu H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan signifikan pada data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B.

Tabel 4.5 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Absorbansi Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Absorbansi
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.250
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.250
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.354
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		1.000

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B adalah $1.000 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B.

Tabel 4.6 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Absorbansi Hari 3

<i>Statistics^a</i>		Absorbansi
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.750
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.750
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.061
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.211

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.211 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B.

4.3. Pengujian Perbandingan Nilai Konsentrasi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

Konsentrasi protein diperlukan untuk mengetahui seberapa besar nilai konsentrasi protein dari sampel yang digunakan. Nilai konsentrasi protein dapat diketahui dengan cara membandingkannya dengan kurva standar.

4.2.1. Pembuatan Kurva Standar Uji Protein

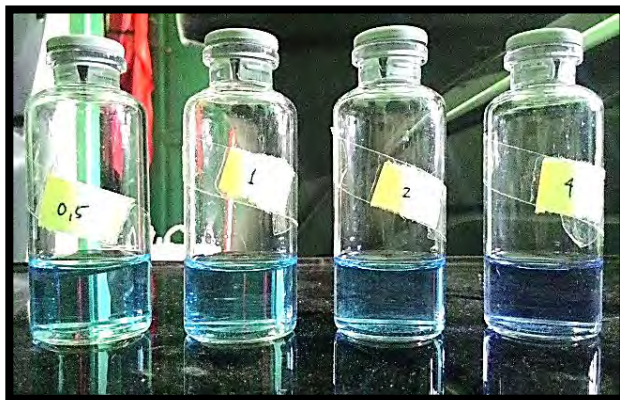
Langkah awal pengujian dilakukan dengan pembuatan kurva standar uji protein. Kurva standar protein merupakan standar dari sampel protein yang dapat digunakan acuan untuk penentuan konsentrasi protein. Pembuatan kurva standar bertujuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai absorbansinya sehingga konsentrasi sampel dapat diketahui. Terdapat dua metode untuk membuat kurva standar yakni dengan metode grafik dan metode *least square* [21].

Larutan protein standar menggunakan BSA (Bovine Serum Albumin). Tipe protein standar di atas merupakan tipe protein standar yang sudah umum untuk digunakan sebagai kurva standar. BSA ditimbang sampai dengan berat 10 mg, kemudian dilarutkan dengan aquades dengan volume 1 ml, sehingga didapatkan konsentrasi BSA sebesar 10 mg/ml. Aquades adalah air hasil destilasi/penyulingan. Air jenis ini sama dengan air murni atau H₂O karena hampir tidak mengandung mineral. Larutan konsentrasi BSA tadi kemudian dimasukkan ke dalam 4 tabung reaksi yang berbeda, yang nantinya dilarutkan dengan aquades dengan perbandingan yang berbeda supaya untuk mendapatkan nilai absorbansi secara linier. Konsentrasi yang digunakan untuk pembuatan kurva standar:

1. 0.0 mg/ml (0.00 ml BSA + 1.00 ml aquades)
2. 0.5 mg/ml (0.05 ml BSA + 0.95 ml aquades)
3. 1.0 mg/ml (0.10 ml BSA + 0.90 ml aquades)
4. 2.0 mg/ml (0.20 ml BSA + 0.80 ml aquades)
5. 4.0 mg/ml (0.40 ml BSA + 0.60 ml aquades)

Proses selanjutnya larutan reagen biuret ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi, kemudian didiamkan selama 30 menit dalam suhu ruang atau selama 10 menit pada suhu 37°C di inkubator

supaya hasil reaksi antara reagen biuret dengan larutan protein bisa sempurna. Pada Gambar 4.5 tersaji larutan protein standar BSA dengan konsentrasi yang berbeda setelah ditambahkan reagen biuret dan didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang.



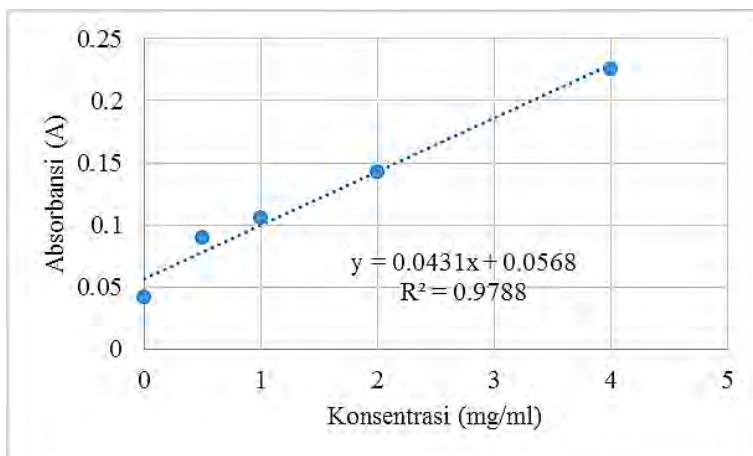
Gambar 4.10 Larutan Standar BSA dengan Konsentrasi 0.5-4 mg/ml

Masing-masing larutan dengan konsentrasi yang berbeda tersebut diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 525 nm. Rincian nilai absorbansi yang tersaji dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai Absorbansi dari Kurva Standar

No.	Konsentrasi BSA (mg/ml)	Absorbansi (A)
1	0 (blanko)	0.042
2	0.5	0.090
3	1	0.106
4	2	0.143
5	4	0.226

Berdasarkan data nilai absorbansi larutan standar BSA di atas, diolah data statistiknya sehingga didapatkan nilai regresi linier berupa grafik fungsi hubungan antara konsentrasi terhadap absorbansi. Grafik fungsi tersaji dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan antara Konsentrasi Protein dan Absorbansi pada BSA

Berdasarkan olahan data nilai absorbansi, didapatkan rumus nilai $y = 0.0431x + 0.0568$ dan $R^2 = 0.9788$. Variabel y merupakan besaran nilai absorbansi dalam satuan A, sedangkan x merupakan besaran nilai konsentrasi protein dalam satuan mg/ml. Nilai R^2 menunjukkan kekuatan korelasi atau hubungan antara variabel x dan y . Jika nilai R^2 semakin mendekati 1, maka antara variabel x dan y terdapat korelasi yang sangat kuat. Pada kurva standar di atas, nilai R^2 adalah 0.9788. Berdasarkan pada nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tingkat korelasi antara variabel konsentrasi dan absorbansi sangat kuat, artinya nilai absorbansi benar-benar dapat digunakan untuk memprediksi nilai konsentrasi protein.

Nilai konsentrasi protein dari sampel susu diketahui dengan cara memasukkan nilai absorbansi ke dalam rumusan kurva standar di atas. Nilai absorbansi dari sampel susu disubstitusi ke dalam variabel y , sehingga didapatkan variabel x yang menunjukkan nilai konsentrasi protein.

4.2.2. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1

Nilai rata-rata konsentrasi protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 73.809 mg/ml, sedangkan nilai rata-rata

konstraksi protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 71.704 mg/ml. Rincian data nilai konsentrasi protein untuk hari 1 tersaji dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1

Ulangan	Alat A	Alat B
1	73.848	72.928
2	73.789	71.123
3	73.789	71.123
4	73.808	71.639
Rata-rata	73.809	71.704

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.2.3. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2

Nilai rata-rata konsentrasi protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 70.337 mg/ml, sedangkan nilai rata-rata konsentrasi protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 70.328 mg/ml. Rincian data nilai konsentrasi protein untuk hari 2 tersaji dalam tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2

Ulangan	Alat A	Alat B
1	72.433	72.868
2	69.365	68.905
3	69.239	69.314
4	70.309	70.225
Rata-rata	70.337	70.328

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.2.4. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3

Nilai rata-rata konsentrasi protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 34.604 mg/ml, sedangkan nilai rata-rata konsentrasi protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 33.457 mg/ml. Rincian data nilai konsentrasi protein untuk hari 3 tersaji dalam tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3

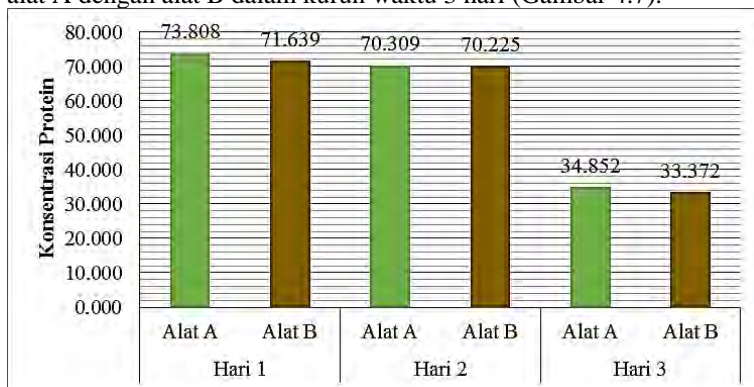
Ulangan	Alat A	Alat B
1	35.284	39.875
2	33.503	31.323
3	34.776	29.260
4	34.852	33.372
Rata-rata	34.604	33.457

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.2.5. Analisa terhadap Data Nilai Konsentrasi Protein

Berdasarkan pada data nilai konsentrasi protein yang terkumpul dibuat diagram untuk membandingkan nilai konsentrasi protein antara alat A dengan alat B dalam kurun waktu 3 hari (Gambar 4.7).



Gambar 4.12 Diagram Rata-rata Nilai Konsentrasi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*®) dalam Kurun Waktu 3 Hari

Lebih lanjut dilakukan uji beda nilai konsentrasi protein menggunakan uji statistik non parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* pada hari 1 (Tabel 4.11), hari 2 (Tabel 4.12) dan hari 3 (Tabel 4.13).

Tabel 4.11 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Konsentrasi Protein Hari 1

<i>Statistics^a</i>		Konsentrasi Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	1.000
	<i>Positive</i>	.000
	<i>Negative</i>	-1.000
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.414
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.037

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.037 < 0.05$, yaitu H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan signifikan nilai konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B.

Tabel 4.12 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Konsentrasi Protein Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Konsentrasi Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.250
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.250
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.354
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		1.000

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $1.000 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai konsentrasi protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

Tabel 4.13 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Konsentrasi Protein Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Konsentrasi Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.750
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.750
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.061
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.211

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.211 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai konsentrasi protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

4.4. Pengujian Perbandingan Nilai Kadar Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

Nilai kadar protein merupakan nilai standar yang digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi tingkat kadar protein yang terkandung di dalam sampel secara menyeluruh. Nilai minimum kadar protein untuk susu murni berdasarkan SNI adalah 3%. Nilai minimum SNI inilah yang akan digunakan sebagai acuan klasifikasi dari kualitas air susu sapi perah, dimana protein merupakan parameter yang dijadikan untuk penentuan tingkat klasifikasi. Nilai kadar protein dapat diketahui dengan rumus berikut ini.

$$\text{Protein (\%)} = \frac{FP \times V_{\text{akhir}} \text{ (ml)} \times \text{konsentrasi sampel}}{\text{berat sampel (gr)} \times 1000} \times 100\%$$

FP merupakan faktor pengenceran, dimana FP yang digunakan pada pengujian bernilai 1. V_{akhir} yang digunakan sebesar 5 ml untuk semua sampel yang diuji. Berat sampel yang didapat setelah pengeringan berkisar antara 3.4 sampai dengan 5 gram untuk setiap sampel yang diuji. Konsentrasi sampel didapatkan dari pengujian sebelumnya.

4.3.1. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 1

Nilai rata-rata kadar protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 0.109 atau 10.9%, sedangkan nilai rata-rata kadar protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 0.105 atau 10.5%. Secara rinci data nilai kadar protein untuk hari 1 tersaji dalam tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data Nilai Kadar Protein Hari 1

Ulangan	Alat A	Alat B
1	0.109	0.107
2	0.109	0.105
3	0.109	0.105
4	0.109	0.105
Rata-rata	0.109	0.105

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.3.2. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 2

Nilai rata-rata kadar protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 0.103 atau 10.3%, sedangkan nilai rata-rata kadar protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 0.103 atau 10.3%. Secara rinci data nilai kadar protein untuk hari 2 tersaji dalam tabel 4.15.

Tabel 4.15 Data Nilai Kadar Protein Hari 2

Ulangan	Alat A	Alat B
1	0.107	0.107
2	0.102	0.101
3	0.102	0.102
4	0.103	0.103
Rata-rata	0.103	0.103

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.3.3. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 3

Nilai rata-rata kadar protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 0.051 atau 5.1%, sedangkan nilai rata-rata kadar protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 0.049 atau 4.9%. Secara rinci data nilai kadar protein untuk hari 3 tersaji dalam tabel 4.16.

Tabel 4.16 Data Nilai Kadar Protein Hari 3

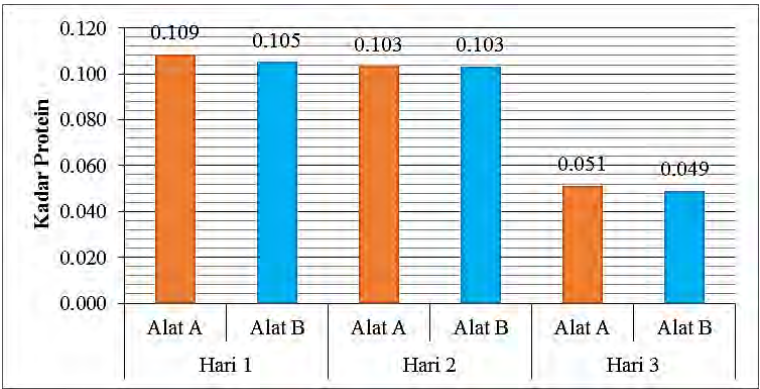
Ulangan	Alat A	Alat B
1	0.052	0.059
2	0.049	0.046
3	0.051	0.043
4	0.051	0.049
Rata-rata	0.051	0.049

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.3.4. Analisa terhadap Data Nilai Kadar Protein

Berdasarkan pada data nilai kadar protein yang terkumpul dibuat diagram untuk membandingkan nilai kadar protein antara alat A dengan alat B dalam kurun waktu 3 hari (Gambar 4.8).



Gambar 4.13 Diagram Rata-rata Nilai Kadar Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari

Lebih lanjut dilakukan uji beda nilai konsentrasi protein menggunakan uji statistik non parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* pada hari 1 (Tabel 4.17), hari 2 (Tabel 4.18) dan hari 3 (Tabel 4.19).

Tabel 4.17 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Kadar Protein Hari 1

<i>Statistics^a</i>		Kadar Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	1.000
	<i>Positive</i>	.000
	<i>Negative</i>	-1.000
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.414
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.037

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data kadar protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.037 < 0.05$, yaitu H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan signifikan pada nilai kadar protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

Tabel 4.18 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Kadar Protein Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Kadar Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.250
	<i>Positive</i>	.000
	<i>Negative</i>	-.250
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.354
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		1.000

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data kadar protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $1.000 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai kadar protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

Tabel 4.19 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Kadar Protein Hari 3

<i>Statistics^a</i>		Kadar Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.500
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.500
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.707
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.699

a. *Grouping Variable*: Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data kadar protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.699 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai kadar protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

4.5. Klasifikasi Kualitas Air Susu Sapi Perah

Tujuan perancangan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi[®]* adalah untuk mengklasifikasikan kualitas air susu sapi perah. Penentuan klasifikasi kualitas susu dilakukan dengan pendekatan uji statistik non parametrik *Kruskal Wallis* untuk jumlah kelompok sampel penelitian lebih dari dua yang tidak saling berkaitan. Pada ruang lingkup penelitian ini kelompok sampel penelitian tersebut adalah hari 1, hari 2 dan hari 3.

Tabel 4.20 Uji Statistik Non Parametrik *Kruskal Wallis* Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B

<i>Test Statistics^{a,b}</i>	Kadar Protein Alat A	Kadar Protein Alat B
<i>Chi-Square</i>	10.277	8.309
<i>df</i>	2	2
<i>Asymp. Sig.</i>	.006	.016

a. *Kruskal Wallis Test*

b. *Grouping Variable*: Hari

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi[®]*

Berdasarkan pada uji statistik non parametrik *Kruskal Wallis* diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kadar protein antara hari 1, 2 dan 3 dengan menggunakan spektrofotometer berbasis

Raspberry Pi[®] (Tabel 4.20). Perbedaan yang signifikan tersebut senada dengan pengujian menggunakan spektrofotometer acuan. Berdasarkan pada kesamaan hasil uji statistik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] dapat berfungsi dengan keakuratan yang secara signifikan setara dengan spektrofotometer acuan. Pengujian statistik non parametrik di atas dipertegas dengan klasifikasi kadar protein berdasarkan peringkat nilai tengah (*mean ranks*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B

Hari	N	Mean Rank Alat A	Notasi Klasifikasi	Mean Rank Alat B	Notasi Klasifikasi
1	4	10.50	a	9.63	a
2	4	6.50	b	7.38	b
3	4	2.50	c	2.50	c
Total	12				

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

Berdasarkan pada Tabel 4.21, dapat disimpulkan adanya perbedaan kadar protein air susu sapi perah antara hari ke 1, 2 dan 3. Klasifikasi kadar protein berdasarkan nilai tengah spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] menunjukkan notasi a, b dan c. Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan signifikan kadar protein pada hari ke 1, 2 dan 3. Secara berturut-turut kadar protein hari pertama menunjukkan nilai tengah kadar protein yang tertinggi dengan pemberian notasi a, berikutnya adalah kadar protein hari kedua dengan pemberian notasi b dan kadar protein hari ketiga menunjukkan nilai tengah kadar protein yang terendah dengan pemberian notasi c. Keberadaan notasi klasifikasi pada spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] konsisten dengan kadar protein yang ditunjukkan oleh spektrofotometer acuan, sehingga spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] memiliki keakuratan yang sama dengan spektrofotometer acuan.

Berdasarkan pada nilai tengah yang menjadi dasar pemberian notasi klasifikasi dapat disimpulkan bahwa notasi a menunjuk pada air susu sapi perah berkualitas baik, notasi b menunjuk pada air susu sapi perah berkualitas sedang dan notasi menunjuk pada air susu sapi perah berkualitas rendah. secara berurutan, kualitas air susu sapi perah

mengalami penurunan kualitas secara bertahap pada hari 1 (kondisi segar), hari 2 (penyimpanan 24 jam pada suhu ruang) dan hari 3 (penyimpanan 48 jam pada suhu ruang). Untuk klasifikasi kualitas air susu sapi perah, dari *mean rank* dan notasi a, b dan c dapat diambil 3 tingkatan klasifikasi:

Tabel 4.22 Tingkat Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah

No.	Tingkat Klasifikasi	Kadar Protein
1	Kualitas Rendah	0.00% – 2.50%
2	Kualitas Sedang	2.51% – 7.38%
3	Kualitas Tinggi	7.39% – 9.63%

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Klasifikasi kualitas air susu sapi dapat ditinjau dengan menggunakan parameter kadar protein per hari. Hal ini telah dibuktikan dari hasil pengujian bahwa tingkat kadar protein dari hari 1, 2 dan 3 semakin menurun. Desain sistem spektrofotometer yang dirancang dapat dikategorikan dalam jenis spektrofotometer *Visible*. Sumber cahaya yang digunakan untuk sistem ini adalah lampu *tungsten halogen* dengan spesifikasi rentang panjang gelombang antara 400-700 nm. Perancangan sistem spektrofotometer yang hanya menggunakan rentang panjang gelombang sumber cahaya tampak ini didasari oleh penggunaan metode spektrofotometri biuret, dimana metode ini menggunakan nilai absorbansi di panjang gelombang sekitar 525 nm karena reaksi biuret yang menghasilkan perubahan warna ungu terhadap sampel. Hasil yang didapatkan dari pengujian spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] mempunyai error rata-rata sebesar 2.366%. Klasifikasi kualitas air susu sapi perah menghasilkan 3 tingkatan klasifikasi, yaitu air susu sapi perah dengan kadar protein 0% – 2.5% menunjukkan kualitas rendah, 2.51% – 7.38% menunjukkan kualitas sedang dan 7.39% – 9.63% menunjukkan kualitas tinggi. Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisa, sistem spektrofotometer hasil perancangan memiliki kelebihan dalam hal *scanning* seluruh panjang gelombang (400-700 nm) secara *realtime*, pembacaan nilai absorbansi yang lebih cepat, lebih praktis dan harganya jauh lebih murah. Namun dalam hal spesifikasi masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya panjang gelombang yang dapat digunakan hanya berkisar pada spektrum tampak (dibandingkan dengan spektrofotometer standar yang dapat menganalisa panjang gelombang dari 200-1100 nm) dan untuk pembacaan nilai absorbansi yang rendah (mendekati 0 A) mempunyai error yang relatif tinggi.

5.2. Saran

1. Parameter yang digunakan untuk klasifikasi kualitas air susu sapi perah pada penelitian ini masih terbatas pada kadar protein saja, maka untuk pengembangan berikutnya disarankan untuk menguji spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] dengan menggunakan parameter lain, misalnya kalsium dan laktosa.

2. Sistem ini hanya masih diuji untuk klasifikasi pada sampel air susu sapi perah. Pada pengembangan berikutnya disarankan dilakukan analisa perbedaan antara air susu sapi perah dengan air susu lainnya, misalnya susu kambing, susu kedelai, susu jagung dan jenis-jenis susu olahan.
3. *Interface* monitor LCD dapat diganti dengan LCD berbasis sistem *touchscreen* supaya lebih praktis dan efisien.

LAMPIRAN

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	55	35	0.588884
3	267	403.37079	90	55	0.641639
4	268	405.05618	110	65	0.685438
5	269	406.74157	125	70	0.755436
6	270	408.42697	130	70	0.806536
7	271	410.11236	140	70	0.90309
8	272	411.79775	135	70	0.855707
9	273	413.48315	150	75	0.90309
10	274	415.16854	150	70	0.99298
11	275	416.85393	165	70	1.117158
12	276	418.53933	170	70	1.156053
13	277	420.22472	180	70	1.230523
14	278	421.91011	180	70	1.230523
15	279	423.59551	200	80	1.19382
16	280	425.2809	210	85	1.178401
17	281	426.96629	230	85	1.296927
18	282	428.65169	230	80	1.375914
19	283	430.33708	255	90	1.356893
20	284	432.02247	265	90	1.40701
21	285	433.70787	275	90	1.455271
22	286	435.39326	275	85	1.529741
23	287	437.07865	290	95	1.454023
24	288	438.76404	290	90	1.524466
25	289	440.44944	310	90	1.611358
26	290	442.13483	315	90	1.632204

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
27	291	443.82022	330	90	1.692814
28	292	445.50562	335	90	1.712407
29	293	447.19101	340	100	1.594437
30	294	448.8764	345	100	1.613457
31	295	450.5618	355	105	1.587117
32	296	452.24719	365	105	1.623311
33	297	453.93258	390	105	1.709626
34	298	455.61798	400	100	1.80618
35	299	457.30337	400	95	1.873009
36	300	458.98876	410	95	1.905181
37	301	460.67416	405	95	1.889194
38	302	462.35955	420	95	1.936577
39	303	464.04494	435	90	2.05274
40	304	465.73034	445	90	2.082353
41	305	467.41573	440	85	2.142101
42	306	469.10112	470	90	2.153566
43	307	470.78652	500	90	2.234182
44	308	472.47191	525	85	2.372221
45	309	474.1573	540	80	2.487911
46	310	475.8427	550	85	2.432831
47	311	477.52809	555	85	2.444622
48	312	479.21348	575	85	2.490747
49	313	480.89888	580	85	2.502027
50	314	482.58427	605	85	2.557009
51	315	484.26966	620	85	2.588918
52	316	485.95506	630	85	2.609765
53	317	487.64045	640	85	2.630283
54	318	489.32584	670	85	2.689968

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
55	319	491.01124	680	80	2.788257
56	320	492.69663	705	80	2.835297
57	321	494.38202	710	85	2.765518
58	322	496.06742	725	85	2.792757
59	323	497.75281	720	85	2.783741
60	324	499.4382	740	90	2.744968
61	325	501.1236	730	85	2.801712
62	326	502.80899	760	95	2.70927
63	327	504.49438	770	95	2.726301
64	328	506.17978	780	90	2.813556
65	329	507.86517	785	80	2.975339
66	330	509.55056	790	95	2.75971
67	331	511.23596	780	110	2.552106
68	332	512.92135	785	135	2.293608
69	333	514.60674	790	135	2.30188
70	334	516.29213	820	155	2.170446
71	335	517.97753	830	175	2.02812
72	336	519.66292	870	215	1.821242
73	337	521.34831	905	235	1.756742
74	338	523.03371	945	265	1.656558
75	339	524.7191	965	285	1.589047
76	340	526.40449	985	310	1.506224
77	341	528.08989	995	330	1.437927
78	342	529.77528	1010	355	1.362279
79	343	531.46067	1025	365	1.345293
80	344	533.14607	1040	385	1.294718
81	345	534.83146	1050	405	1.241203
82	346	536.51685	1060	420	1.20617

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
82	346	536.51685	1060	420	1.20617
83	347	538.20225	1070	425	1.202985
84	348	539.88764	1085	425	1.221122
85	349	541.57303	1095	425	1.233076
86	350	543.25843	1100	425	1.239011
87	351	544.94382	1090	425	1.227113
88	352	546.62921	1105	430	1.229681
89	353	548.31461	1100	435	1.20871
90	354	550	1110	435	1.220501
91	355	551.68539	1105	440	1.199729
92	356	553.37079	1115	450	1.182187
93	357	555.05618	1125	450	1.19382
94	358	556.74157	1140	480	1.126991
95	359	558.42697	1150	515	1.046672
96	360	560.11236	1160	550	0.972286
97	361	561.79775	1155	565	0.931601
98	362	563.48315	1155	615	0.821121
99	363	565.16854	1150	635	0.773772
100	364	566.85393	1150	705	0.637526
101	365	568.53933	1160	760	0.550933
102	366	570.22472	1165	830	0.441743
103	367	571.91011	1180	865	0.404598
104	368	573.59551	1190	885	0.385811
105	369	575.2809	1205	895	0.387492
106	370	576.96629	1215	895	0.39826
107	371	578.65169	1220	895	0.40361
108	372	580.33708	1220	895	0.40361
109	373	582.02247	1220	895	0.40361

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
110	374	583.70787	1210	895	0.392887
111	375	585.39326	1195	895	0.376635
112	376	587.07865	1190	895	0.371172
113	377	588.76404	1185	895	0.365686
114	378	590.44944	1170	895	0.349088
115	379	592.13483	1155	895	0.332277
116	380	593.82022	1145	895	0.320947
117	381	595.50562	1135	895	0.309518
118	382	597.19101	1125	885	0.312628
119	383	598.8764	1110	860	0.332474
120	384	600.5618	1095	835	0.353183
121	385	602.24719	1075	810	0.36877
122	386	603.93258	1065	790	0.389168
123	387	605.61798	1055	765	0.418773
124	388	607.30337	1040	745	0.434631
125	389	608.98876	1025	730	0.442203
126	390	610.67416	1015	710	0.465623
127	391	612.35955	1005	695	0.480544
128	392	614.04494	1005	675	0.518587
129	393	615.73034	1010	655	0.56424
130	394	617.41573	1005	640	0.587958
131	395	619.10112	980	635	0.565357
132	396	620.78652	950	615	0.566545
133	397	622.47191	900	595	0.539177
134	398	624.1573	855	585	0.494431
135	399	625.8427	820	545	0.532252
136	400	627.52809	780	505	0.56641
137	401	629.21348	735	495	0.515046

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
138	402	630.89888	670	495	0.394409
139	403	632.58427	625	480	0.343916
140	404	634.26966	600	470	0.31816
141	405	635.95506	570	465	0.265266
142	406	637.64045	530	445	0.227748
143	407	639.32584	510	435	0.207243
144	408	641.01124	500	420	0.227162
145	409	642.69663	480	395	0.253932
146	410	644.38202	455	370	0.269429
147	411	646.06742	420	330	0.314206
148	412	647.75281	390	295	0.363728
149	413	649.4382	360	265	0.39917
150	414	651.1236	330	220	0.528274
151	415	652.80899	285	170	0.673188
152	416	654.49438	225	130	0.714717
153	417	656.17978	180	140	0.327433
154	418	657.86517	150	130	0.186444
155	419	659.55056	160	110	0.488182
156	420	661.23596	150	95	0.595103
157	421	662.92135	145	90	0.621376
158	422	664.60674	130	85	0.553573
159	423	666.29213	120	85	0.449287
160	424	667.97753	110	80	0.414908
161	425	669.66292	110	75	0.498994
162	426	671.34831	100	75	0.374816
163	427	673.03371	105	70	0.528274
164	428	674.7191	100	65	0.56126
165	429	676.40449	90	60	0.528274

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	I_o (lux)	I_t (lux)	Absorbansi (A)
166	430	678.08989	85	60	0.453803
167	431	679.77528	80	65	0.27053
168	432	681.46067	75	65	0.186444
169	433	683.14607	80	65	0.27053
170	434	684.83146	85	65	0.349517
171	435	686.51685	85	65	0.349517
172	436	688.20225	80	65	0.27053
173	437	689.88764	75	65	0.186444
174	438	691.57303	75	65	0.186444
175	439	693.25843	75	65	0.186444
176	440	694.94382	75	65	0.186444
177	441	696.62921	75	65	0.186444
178	442	700	75	65	0.186444

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	60	45	0.374816
3	267	403.37079	100	70	0.464706
4	268	405.05618	120	80	0.528274
5	269	406.74157	130	80	0.63256
6	270	408.42697	135	80	0.681731
7	271	410.11236	150	80	0.819004
8	272	411.79775	150	75	0.90309
9	273	413.48315	160	75	0.987176
10	274	415.16854	160	75	0.987176
11	275	416.85393	175	75	1.10393
12	276	418.53933	185	80	1.092245
13	277	420.22472	200	80	1.19382
14	278	421.91011	205	80	1.225992
15	279	423.59551	225	80	1.347278
16	280	425.2809	225	80	1.347278
17	281	426.96629	240	80	1.431364
18	282	428.65169	250	80	1.48455
19	283	430.33708	270	85	1.505835
20	284	432.02247	280	85	1.553217
21	285	433.70787	300	85	1.643107
22	286	435.39326	305	85	1.664643
23	287	437.07865	315	95	1.561761
24	288	438.76404	320	95	1.582279
25	289	440.44944	330	100	1.555542
26	290	442.13483	335	100	1.575134
27	291	443.82022	350	105	1.568636
28	292	445.50562	355	105	1.587117

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
29	293	447.19101	370	120	1.467061
30	294	448.8764	375	125	1.431364
31	295	450.5618	385	140	1.317998
32	296	452.24719	395	140	1.351407
33	297	453.93258	395	155	1.218796
34	298	455.61798	400	155	1.235185
35	299	457.30337	410	170	1.147005
36	300	458.98876	420	175	1.140634
37	301	460.67416	445	190	1.108819
38	302	462.35955	450	200	1.056548
39	303	464.04494	440	215	0.933043
40	304	465.73034	465	220	0.975091
41	305	467.41573	490	255	0.850968
42	306	469.10112	505	275	0.791876
43	307	470.78652	515	300	0.704058
44	308	472.47191	535	315	0.69013
45	309	474.1573	555	340	0.638442
46	310	475.8427	570	360	0.598717
47	311	477.52809	590	380	0.573205
48	312	479.21348	605	395	0.555475
49	313	480.89888	605	405	0.522901
50	314	482.58427	625	430	0.487235
51	315	484.26966	645	450	0.469042
52	316	485.95506	665	485	0.41124
53	317	487.64045	680	500	0.400617
54	318	489.32584	705	540	0.347386
55	319	491.01124	725	550	0.359926
56	320	492.69663	745	585	0.315001

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
57	321	494.38202	755	600	0.299387
58	322	496.06742	770	630	0.261451
59	323	497.75281	760	640	0.223901
60	324	499.4382	790	650	0.254141
61	325	501.1236	815	645	0.304794
62	326	502.80899	830	660	0.298602
63	327	504.49438	820	650	0.302701
64	328	506.17978	810	670	0.247231
65	329	507.86517	800	665	0.240805
66	330	509.55056	820	680	0.243915
67	331	511.23596	830	670	0.27901
68	332	512.92135	875	665	0.357559
69	333	514.60674	895	670	0.377245
70	334	516.29213	935	680	0.414908
71	335	517.97753	950	670	0.454946
72	336	519.66292	985	690	0.463761
73	337	521.34831	1000	705	0.455433
74	338	523.03371	1025	725	0.451158
75	339	524.7191	1050	735	0.464706
76	340	526.40449	1075	750	0.469042
77	341	528.08989	1085	745	0.48982
78	342	529.77528	1100	760	0.481737
79	343	531.46067	1115	770	0.482352
80	344	533.14607	1135	780	0.488704
81	345	534.83146	1150	795	0.480992
82	346	536.51685	1160	810	0.467919
83	347	538.20225	1150	820	0.440652
84	348	539.88764	1165	830	0.441743

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
85	349	541.57303	1165	825	0.449616
86	350	543.25843	1175	835	0.445054
87	351	544.94382	1165	830	0.441743
88	352	546.62921	1175	840	0.437276
89	353	548.31461	1175	835	0.445054
90	354	550	1175	855	0.414215
91	355	551.68539	1165	865	0.387929
92	356	553.37079	1175	875	0.384089
93	357	555.05618	1180	870	0.397088
94	358	556.74157	1180	885	0.374816
95	359	558.42697	1190	880	0.393193
96	360	560.11236	1190	895	0.371172
97	361	561.79775	1185	885	0.380325
98	362	563.48315	1180	925	0.317221
99	363	565.16854	1175	935	0.297679
100	364	566.85393	1175	960	0.2633
101	365	568.53933	1205	970	0.282646
102	366	570.22472	1220	975	0.292066
103	367	571.91011	1235	995	0.281532
104	368	573.59551	1240	1000	0.280265
105	369	575.2809	1260	995	0.307642
106	370	576.96629	1265	995	0.312802
107	371	578.65169	1265	1005	0.299773
108	372	580.33708	1260	1005	0.294613
109	373	582.02247	1250	1005	0.284232
110	374	583.70787	1255	1005	0.289433
111	375	585.39326	1255	1005	0.289433
112	376	587.07865	1250	980	0.317052

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
113	377	588.76404	1240	955	0.340255
114	378	590.44944	1225	935	0.351973
115	379	592.13483	1205	915	0.358698
116	380	593.82022	1195	910	0.35498
117	381	595.50562	1180	905	0.3457
118	382	597.19101	1160	900	0.330646
119	383	598.8764	1135	895	0.309518
120	384	600.5618	1115	895	0.286355
121	385	602.24719	1090	890	0.264109
122	386	603.93258	1080	880	0.266823
123	387	605.61798	1070	875	0.262127
124	388	607.30337	1070	850	0.299895
125	389	608.98876	1070	825	0.338789
126	390	610.67416	1050	790	0.370687
127	391	612.35955	1025	770	0.372699
128	392	614.04494	1020	735	0.426938
129	393	615.73034	1010	700	0.47767
130	394	617.41573	1005	685	0.499426
131	395	619.10112	990	660	0.528274
132	396	620.78652	970	635	0.551994
133	397	622.47191	935	630	0.514413
134	398	624.1573	885	605	0.495564
135	399	625.8427	835	565	0.508914
136	400	627.52809	780	545	0.467094
137	401	629.21348	725	520	0.433004
138	402	630.89888	685	495	0.423256
139	403	632.58427	655	495	0.364908
140	404	634.26966	615	495	0.28281

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
141	405	635.95506	580	470	0.27399
142	406	637.64045	540	455	0.223147
143	407	639.32584	510	440	0.192352
144	408	641.01124	495	430	0.18341
145	409	642.69663	475	405	0.207716
146	410	644.38202	450	375	0.237544
147	411	646.06742	415	340	0.259708
148	412	647.75281	385	305	0.303483
149	413	649.4382	345	270	0.319366
150	414	651.1236	305	225	0.396352
151	415	652.80899	255	175	0.490506
152	416	654.49438	210	130	0.624828
153	417	656.17978	215	120	0.759772
154	418	657.86517	185	110	0.677337
155	419	659.55056	150	110	0.404096
156	420	661.23596	130	95	0.408659
157	421	662.92135	125	90	0.428003
158	422	664.60674	110	85	0.335921
159	423	666.29213	105	85	0.275311
160	424	667.97753	100	85	0.211743
161	425	669.66292	100	80	0.29073
162	426	671.34831	95	75	0.307987
163	427	673.03371	90	75	0.237544
164	428	674.7191	80	70	0.173976
165	429	676.40449	80	70	0.173976
166	430	678.08989	75	75	0
167	431	679.77528	80	75	0.084086
168	432	681.46067	75	70	0.08989

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	I _o (lux)	I _t (lux)	Absorbansi (A)
169	433	683.14607	75	70	0.08989
170	434	684.83146	75	70	0.08989
171	435	686.51685	75	70	0.08989
172	436	688.20225	70	70	0
173	437	689.88764	70	65	0.096554
174	438	691.57303	70	70	0
175	439	693.25843	70	70	0
176	440	694.94382	70	70	0
177	441	696.62921	65	70	-0.096554
178	442	700	65	65	0

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	60	40	0.528274
3	267	403.37079	95	65	0.494431
4	268	405.05618	115	80	0.472824
5	269	406.74157	130	90	0.479103
6	270	408.42697	140	90	0.575657
7	271	410.11236	155	100	0.570995
8	272	411.79775	155	100	0.570995
9	273	413.48315	170	110	0.567169
10	274	415.16854	170	115	0.509253
11	275	416.85393	185	125	0.510785
12	276	418.53933	185	130	0.459685
13	277	420.22472	200	145	0.418986
14	278	421.91011	205	140	0.496877
15	279	423.59551	220	165	0.374816
16	280	425.2809	230	175	0.356069
17	281	426.96629	245	195	0.297394
18	282	428.65169	250	195	0.323716
19	283	430.33708	265	210	0.30308
20	284	432.02247	270	210	0.327433
21	285	433.70787	285	230	0.279351
22	286	435.39326	290	240	0.24656
23	287	437.07865	305	265	0.183162
24	288	438.76404	310	270	0.179994
25	289	440.44944	335	285	0.2106
26	290	442.13483	345	295	0.203991
27	291	443.82022	355	310	0.1766
28	292	445.50562	360	315	0.173976

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
29	293	447.19101	365	325	0.151229
30	294	448.8764	370	325	0.168955
31	295	450.5618	385	335	0.181248
32	296	452.24719	395	340	0.195355
33	297	453.93258	410	355	0.187667
34	298	455.61798	420	365	0.182869
35	299	457.30337	425	375	0.163073
36	300	458.98876	435	385	0.159086
37	301	460.67416	445	390	0.171886
38	302	462.35955	455	400	0.167854
39	303	464.04494	465	410	0.164007
40	304	465.73034	475	425	0.144914
41	305	467.41573	485	435	0.141757
42	306	469.10112	510	450	0.163073
43	307	470.78652	530	455	0.198793
44	308	472.47191	550	470	0.204794
45	309	474.1573	565	485	0.19892
46	310	475.8427	580	495	0.206468
47	311	477.52809	590	505	0.202682
48	312	479.21348	605	505	0.235392
49	313	480.89888	615	490	0.296037
50	314	482.58427	635	510	0.285611
51	315	484.26966	655	535	0.263663
52	316	485.95506	680	570	0.229902
53	317	487.64045	695	580	0.23567
54	318	489.32584	715	605	0.217652
55	319	491.01124	730	605	0.244702
56	320	492.69663	750	635	0.216863

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
57	321	494.38202	755	640	0.215301
58	322	496.06742	780	660	0.217652
59	323	497.75281	775	655	0.219181
60	324	499.4382	805	675	0.229476
61	325	501.1236	820	680	0.243915
62	326	502.80899	815	685	0.226401
63	327	504.49438	795	670	0.222877
64	328	506.17978	795	675	0.21319
65	329	507.86517	790	665	0.224416
66	330	509.55056	815	675	0.245562
67	331	511.23596	835	670	0.286835
68	332	512.92135	875	650	0.387284
69	333	514.60674	885	630	0.442808
70	334	516.29213	910	645	0.448445
71	335	517.97753	925	660	0.439793
72	336	519.66292	970	675	0.472404
73	337	521.34831	1000	685	0.492928
74	338	523.03371	1025	705	0.487604
75	339	524.7191	1045	720	0.485351
76	340	526.40449	1065	735	0.483187
77	341	528.08989	1085	745	0.48982
78	342	529.77528	1100	750	0.498994
79	343	531.46067	1105	750	0.504903
80	344	533.14607	1120	765	0.49667
81	345	534.83146	1130	760	0.516795
82	346	536.51685	1145	770	0.516944
83	347	538.20225	1145	770	0.516944
84	348	539.88764	1150	785	0.497485

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
85	349	541.57303	1140	785	0.486106
86	350	543.25843	1145	795	0.475315
87	351	544.94382	1140	790	0.477833
88	352	546.62921	1155	800	0.478476
89	353	548.31461	1160	795	0.492273
90	354	550	1165	800	0.489708
91	355	551.68539	1160	795	0.492273
92	356	553.37079	1170	795	0.503456
93	357	555.05618	1165	785	0.514369
94	358	556.74157	1165	800	0.489708
95	359	558.42697	1170	800	0.495288
96	360	560.11236	1170	805	0.48717
97	361	561.79775	1175	790	0.517232
98	362	563.48315	1175	800	0.500844
99	363	565.16854	1185	780	0.544871
100	364	566.85393	1185	850	0.432898
101	365	568.53933	1200	875	0.41152
102	366	570.22472	1210	890	0.400186
103	367	571.91011	1235	900	0.412273
104	368	573.59551	1240	905	0.410319
105	369	575.2809	1235	905	0.405055
106	370	576.96629	1235	900	0.412273
107	371	578.65169	1245	895	0.430039
108	372	580.33708	1245	895	0.430039
109	373	582.02247	1240	900	0.417538
110	374	583.70787	1230	900	0.406988
111	375	585.39326	1220	895	0.40361
112	376	587.07865	1215	895	0.39826

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
113	377	588.76404	1205	895	0.387492
114	378	590.44944	1190	895	0.371172
115	379	592.13483	1175	895	0.354644
116	380	593.82022	1160	885	0.352544
117	381	595.50562	1140	865	0.359666
118	382	597.19101	1130	840	0.386397
119	383	598.8764	1120	805	0.430266
120	384	600.5618	1100	775	0.456273
121	385	602.24719	1075	750	0.469042
122	386	603.93258	1065	730	0.49208
123	387	605.61798	1055	720	0.49776
124	388	607.30337	1050	700	0.528274
125	389	608.98876	1040	675	0.563189
126	390	610.67416	1025	655	0.583448
127	391	612.35955	1005	640	0.587958
128	392	614.04494	1005	635	0.598177
129	393	615.73034	1005	625	0.618858
130	394	617.41573	1000	600	0.665546
131	395	619.10112	980	590	0.661122
132	396	620.78652	930	585	0.603981
133	397	622.47191	875	580	0.53574
134	398	624.1573	835	540	0.567878
135	399	625.8427	795	510	0.578391
136	400	627.52809	720	520	0.423987
137	401	629.21348	650	525	0.278262
138	402	630.89888	625	505	0.277766
139	403	632.58427	615	485	0.3094
140	404	634.26966	580	470	0.27399

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
141	405	635.95506	560	465	0.242205
142	406	637.64045	520	450	0.188372
143	407	639.32584	490	425	0.185421
144	408	641.01124	455	405	0.151669
145	409	642.69663	430	395	0.110614
146	410	644.38202	420	370	0.165143
147	411	646.06742	375	330	0.166552
148	412	647.75281	340	295	0.184971
149	413	649.4382	310	270	0.179994
150	414	651.1236	265	225	0.21319
151	415	652.80899	220	165	0.374816
152	416	654.49438	180	120	0.528274
153	417	656.17978	155	125	0.280265
154	418	657.86517	135	115	0.208908
155	419	659.55056	135	110	0.266823
156	420	661.23596	125	100	0.29073
157	421	662.92135	125	90	0.428003
158	422	664.60674	115	85	0.393837
159	423	666.29213	105	85	0.275311
160	424	667.97753	100	80	0.29073
161	425	669.66292	90	80	0.153458
162	426	671.34831	85	75	0.163073
163	427	673.03371	80	75	0.084086
164	428	674.7191	80	75	0.084086
165	429	676.40449	75	70	0.08989
166	430	678.08989	70	65	0.096554
167	431	679.77528	70	65	0.096554
168	432	681.46067	65	65	0

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	I_o (lux)	I_t (lux)	Absorbansi (A)
169	433	683.14607	70	60	0.20084
170	434	684.83146	70	60	0.20084
171	435	686.51685	70	60	0.20084
172	436	688.20225	70	65	0.096554
173	437	689.88764	70	70	0
174	438	691.57303	70	65	0.096554
175	439	693.25843	70	60	0.20084
176	440	694.94382	70	60	0.20084
177	441	696.62921	65	60	0.104286
178	442	700	65	60	0.104286

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	55	40	0.414908
3	267	403.37079	95	60	0.598717
4	268	405.05618	110	70	0.588884
5	269	406.74157	130	75	0.716646
6	270	408.42697	135	75	0.765818
7	271	410.11236	145	70	0.94881
8	272	411.79775	145	65	1.045364
9	273	413.48315	155	65	1.132255
10	274	415.16854	155	65	1.132255
11	275	416.85393	170	70	1.156053
12	276	418.53933	170	70	1.156053
13	277	420.22472	190	70	1.300967
14	278	421.91011	195	75	1.24492
15	279	423.59551	210	80	1.257388
16	280	425.2809	215	75	1.372132
17	281	426.96629	235	80	1.403934
18	282	428.65169	245	85	1.379241
19	283	430.33708	265	85	1.481481
20	284	432.02247	270	85	1.505835
21	285	433.70787	285	80	1.655265
22	286	435.39326	285	75	1.739351
23	287	437.07865	300	75	1.80618
24	288	438.76404	310	80	1.764815
25	289	440.44944	325	85	1.747393
26	290	442.13483	330	85	1.767285
27	291	443.82022	340	85	1.80618
28	292	445.50562	340	85	1.80618

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
29	293	447.19101	355	90	1.787958
30	294	448.8764	365	90	1.824151
31	295	450.5618	380	100	1.739351
32	296	452.24719	390	100	1.773194
33	297	453.93258	405	110	1.698187
34	298	455.61798	415	110	1.729966
35	299	457.30337	425	130	1.543337
36	300	458.98876	435	130	1.573638
37	301	460.67416	450	145	1.475534
38	302	462.35955	460	150	1.46
39	303	464.04494	465	165	1.349907
40	304	465.73034	485	170	1.365878
41	305	467.41573	500	190	1.260649
42	306	469.10112	515	200	1.232332
43	307	470.78652	525	215	1.163163
44	308	472.47191	545	230	1.124006
45	309	474.1573	555	260	0.987959
46	310	475.8427	565	280	0.914671
47	311	477.52809	580	305	0.837384
48	312	479.21348	590	320	0.797106
49	313	480.89888	600	335	0.759319
50	314	482.58427	625	350	0.755436
51	315	484.26966	645	370	0.724074
52	316	485.95506	670	385	0.721842
53	317	487.64045	680	380	0.758176
54	318	489.32584	700	420	0.665546
55	319	491.01124	720	450	0.61236
56	320	492.69663	740	500	0.510785

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
57	321	494.38202	755	515	0.498419
58	322	496.06742	770	545	0.450283
59	323	497.75281	765	555	0.418105
60	324	499.4382	800	585	0.407802
61	325	501.1236	820	600	0.406988
62	326	502.80899	825	620	0.372187
63	327	504.49438	810	615	0.35883
64	328	506.17978	810	620	0.34828
65	329	507.86517	810	610	0.369466
66	330	509.55056	825	615	0.382736
67	331	511.23596	810	595	0.401904
68	332	512.92135	825	610	0.393372
69	333	514.60674	840	605	0.427572
70	334	516.29213	900	620	0.485552
71	335	517.97753	925	640	0.479885
72	336	519.66292	960	635	0.538493
73	337	521.34831	995	630	0.595448
74	338	523.03371	1030	645	0.609833
75	339	524.7191	1045	655	0.608625
76	340	526.40449	1060	655	0.627194
77	341	528.08989	1075	660	0.635594
78	342	529.77528	1095	675	0.630331
79	343	531.46067	1105	690	0.61354
80	344	533.14607	1120	710	0.593879
81	345	534.83146	1135	720	0.59299
82	346	536.51685	1145	735	0.577554
83	347	538.20225	1155	740	0.580051
84	348	539.88764	1160	750	0.56819

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
85	349	541.57303	1150	755	0.548253
86	350	543.25843	1145	770	0.516944
87	351	544.94382	1130	780	0.482952
88	352	546.62921	1150	785	0.497485
89	353	548.31461	1155	775	0.519841
90	354	550	1170	790	0.511676
91	355	551.68539	1170	800	0.495288
92	356	553.37079	1180	815	0.482173
93	357	555.05618	1180	825	0.466284
94	358	556.74157	1180	835	0.450587
95	359	558.42697	1185	835	0.456096
96	360	560.11236	1185	845	0.440585
97	361	561.79775	1185	835	0.456096
98	362	563.48315	1185	875	0.395131
99	363	565.16854	1185	885	0.380325
100	364	566.85393	1185	930	0.315706
101	365	568.53933	1200	950	0.304373
102	366	570.22472	1205	960	0.296147
103	367	571.91011	1220	970	0.298764
104	368	573.59551	1230	975	0.302701
105	369	575.2809	1240	985	0.299956
106	370	576.96629	1245	990	0.298602
107	371	578.65169	1250	990	0.303824
108	372	580.33708	1250	980	0.317052
109	373	582.02247	1245	970	0.325193
110	374	583.70787	1245	965	0.331926
111	375	585.39326	1240	960	0.333451
112	376	587.07865	1235	960	0.328187

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
113	377	588.76404	1225	960	0.317595
114	378	590.44944	1205	940	0.323578
115	379	592.13483	1185	920	0.329792
116	380	593.82022	1170	915	0.320294
117	381	595.50562	1155	910	0.310622
118	382	597.19101	1135	905	0.295042
119	383	598.8764	1115	900	0.279097
120	384	600.5618	1105	905	0.260141
121	385	602.24719	1090	890	0.264109
122	386	603.93258	1080	880	0.266823
123	387	605.61798	1070	870	0.269594
124	388	607.30337	1060	845	0.295347
125	389	608.98876	1045	840	0.284511
126	390	610.67416	1035	795	0.34372
127	391	612.35955	1025	760	0.389731
128	392	614.04494	1015	740	0.411703
129	393	615.73034	1005	720	0.434501
130	394	617.41573	1005	700	0.471204
131	395	619.10112	995	670	0.515245
132	396	620.78652	965	645	0.524903
133	397	622.47191	920	625	0.503723
134	398	624.1573	860	605	0.458229
135	399	625.8427	810	585	0.423987
136	400	627.52809	760	565	0.386295
137	401	629.21348	710	540	0.356594
138	402	630.89888	665	520	0.320455
139	403	632.58427	625	500	0.29073
140	404	634.26966	585	485	0.244242

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
141	405	635.95506	550	475	0.191007
142	406	637.64045	515	495	0.051606
143	407	639.32584	490	480	0.026865
144	408	641.01124	480	425	0.158557
145	409	642.69663	470	395	0.226502
146	410	644.38202	445	390	0.171886
147	411	646.06742	410	355	0.187667
148	412	647.75281	380	320	0.223901
149	413	649.4382	340	305	0.141537
150	414	651.1236	305	260	0.207979
151	415	652.80899	250	210	0.227162
152	416	654.49438	200	155	0.332095
153	417	656.17978	195	125	0.579374
154	418	657.86517	165	105	0.588884
155	419	659.55056	140	115	0.256291
156	420	661.23596	125	110	0.166552
157	421	662.92135	120	100	0.237544
158	422	664.60674	110	90	0.261451
159	423	666.29213	105	85	0.275311
160	424	667.97753	95	80	0.223901
161	425	669.66292	95	85	0.144914
162	426	671.34831	90	85	0.074471
163	427	673.03371	90	80	0.153458
164	428	674.7191	85	75	0.163073
165	429	676.40449	85	70	0.252963
166	430	678.08989	80	70	0.173976
167	431	679.77528	80	70	0.173976
168	432	681.46067	75	70	0.08989

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	I _o (lux)	I _t (lux)	Absorbansi (A)
169	433	683.14607	70	70	0
170	434	684.83146	70	65	0.096554
171	435	686.51685	70	70	0
172	436	688.20225	70	65	0.096554
173	437	689.88764	65	60	0.104286
174	438	691.57303	65	65	0
175	439	693.25843	65	65	0
176	440	694.94382	70	60	0.20084
177	441	696.62921	70	65	0.096554
178	442	700	70	65	0.096554

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 1:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.238	3.000	3.082	3.188	1.583	1.621
2	3.230	3.225	3.076	2.902	1.580	1.429
3	3.248	3.150	3.078	3.056	1.565	1.493
4	3.237	3.175	3.078	3.232	1.574	1.429
5	3.239	3.125	3.083	2.968	1.619	1.589
6	3.223	3.275	3.078	3.122	1.619	1.301
7	3.243	3.000	3.077	3.144	1.643	1.515
8	3.236	3.100	3.096	2.968	1.623	1.568
9	3.246	3.150	3.093	3.012	1.609	1.376
Rata-rata	3.238	3.133	3.082	3.066	1.602	1.480

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 2:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.239	3.275	3.186	3.187	1.576	1.835
2	3.241	3.025	3.178	3.281	1.595	1.749
3	3.236	3.350	3.184	3.000	1.570	1.771
4	3.243	3.225	3.179	3.393	1.538	1.728
5	3.243	3.275	3.175	3.150	1.554	1.824
6	3.241	3.000	3.171	3.224	1.575	1.760
7	3.248	3.225	3.169	3.093	1.615	1.739
8	3.227	3.050	3.187	3.206	1.572	1.813
9	3.239	3.375	3.179	3.243	1.603	1.760
Rata-rata	3.240	3.200	3.179	3.197	1.578	1.775

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 3:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.256	3.309	3.041	3.037	1.468	1.387
2	3.255	3.201	3.044	3.018	1.483	1.344
3	3.252	3.237	3.046	3.093	1.508	1.440
4	3.255	3.183	3.046	3.037	1.585	1.568
5	3.261	3.273	3.049	2.925	1.505	1.397
6	3.246	3.219	3.046	3.112	1.491	1.301
7	3.243	3.254	3.050	2.850	1.518	1.493
8	3.254	3.128	3.046	3.037	1.490	1.376
9	3.254	3.309	3.050	3.131	1.459	1.355
Rata-rata	3.253	3.235	3.046	3.027	1.501	1.407

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 4:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.233	3.225	3.038	3.133	1.643	1.205
2	3.230	2.975	3.038	3.048	1.623	1.355
3	3.239	2.925	3.041	3.099	1.609	1.269
4	3.242	3.150	3.040	2.997	1.538	1.408
5	3.233	3.000	3.041	3.065	1.554	1.248
6	3.239	3.025	3.037	3.031	1.575	1.312
7	3.230	3.125	3.041	3.014	1.468	1.291
8	3.244	3.175	3.045	3.031	1.483	1.355
9	3.244	3.500	3.048	2.980	1.508	1.419
Rata-rata	3.237	3.122	3.041	3.044	1.556	1.318

Listing Program:

```
#include "highgui.h"
#include "cv.h"
#include "stdio.h"
#include "math.h"

int acuan, acuan1 = 0;
CvPoint titik1, titik2, titik3, titik4;
CvFont font;
int B=0;
int G=0;
int R=0;
int A, A1, A2;
double A3, A4, A5, A6, A7,A8;
char *B1;
char *B2 = "RENDAH";
char *B3 = "SEDANG";
char *B4 = "TINGGI";
int buff_simpan1[443];
int buff_simpan2[443];
double buff_simpan3[443];

int main(int argc, char** argv)
{
    IplImage* frame = 0;
    IplImage* data = 0;
    CvCapture* capture = 0;
    capture = cvCaptureFromCAM(CV_CAP_ANY);
    while(1)
    {
        frame = cvQueryFrame(capture);
        cvFlip(frame, frame, 90);
        cvLine(frame, cvPoint(0,(frame-
>height/2)+1),cvPoint(frame->width,(frame-
>height/2)+1),CV_RGB(0,0,0));
        data = cvQueryFrame(capture);
        cvFlip(data, data, 90);
```

```

        IplImage* gambar = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar1 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar2 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar3 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar4 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar5 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* crop1 =
cvCreateImage(cvSize(640,305),8,1);
        IplImage* crop2 =
cvCreateImage(cvSize(430,180),8,1);

        for(int x=0;x<gambar->width;x++)
            for(int y=0;y<gambar->height;y++)
            {
                gambar1->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar2->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar3->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar4->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar5->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
            }

        for(int x=264;x<data->width;x++)
        {
            int y=240;
            G=(uchar)data->imageData[data->widthStep
* y + x*data->nChannels+1];
            R=(uchar)data->imageData[data->widthStep
* y + x*data->nChannels+2];

```

```

        B=(uchar)data->imageData[data->widthStep
* y + x*data->nChannels+3];
        int yx=440-G;
        int yy=440-R;
        int yz=440-B;
        int ya=440-((G+R+B)/3);
        gambar1->imageData[gambar->widthStep *
yx + x*gambar->nChannels]=0;
        gambar2->imageData[gambar->widthStep *
yy + x*gambar->nChannels]=0;
        gambar3->imageData[gambar->widthStep *
yz + x*gambar->nChannels]=0;
        gambar4->imageData[gambar->widthStep *
ya + x*gambar->nChannels]=0;
    }

    titik1 = cvPoint(265,440);
    titik2 = cvPoint(266,440);

    for (int x=265; x<gambar4->width - 5 ; x++)
        for (int y=1; y<gambar4->height - 1 ; y++)
        {
            acuan=(uchar)gambar4-
>imageData[gambar4->widthStep * y + x*gambar4->nChannels];
            if (acuan<255)
            {
                titik2 = cvPoint(x,y);
                cvLine(gambar4, titik1,
titik2, CV_RGB(0,0,0));

                titik1 = titik2;
            }
        }

    for(int y=480;y>185;y--)
        for(int x=338;x<339;x++)
        {
            if((uchar)gambar4-
>imageData[gambar4->widthStep * y + x*gambar4->nChannels]==0)
            {

```

```

        A=x;
        A1=y;
        A2=(440-A1)*5;
    }
}

if( cvWaitKey(1) == '1' )
{
    FILE *f = fopen("Intensitas Io.txt","w+");
    for(int x=265;x<443;x++)
    {
        for(int y=480;y>185;y--)
        {

            if((uchar)gambar4->imageData[gambar4->widthStep * y +
x*gambar4->nChannels]==0)
            {

                buff_simpan1[x]=(440-y)*5;

                //printf("x[%d] = %d\n",x,(buff_simpan1[x]));

                char buff[5];

                sprintf(buff,"%d\n",(440-y)*5);

                fprintf(f,buff);

                break;

            }

        }
    }
    fclose(f);
    A3=buff_simpan1[338];
}

if( cvWaitKey(1) == '2' )
{
    FILE *f = fopen("Intensitas It.txt","w+");

```

```

        for(int x=265;x<443;x++)
        {
            for(int y=480;y>185;y--)
            {

                if((uchar)gambar4->imageData[gambar4->widthStep * y +
x*gambar4->nChannels]==0)

                    {

                        buff_simpan2[x]=(440-y)*5;

                        //printf("x[%d] = %d\n",x,(buff_simpan2[x]));

                        char buff[5];

                        sprintf(buff,"%d\n", (440-y)*5);

                        fprintf(f,buff);

                        break;

                    }

                }

            }

        }

        fclose(f);
        A4=buff_simpan2[338];
    }

    if( cvWaitKey(1) == '3' )
    {
        FILE *f =
fopen("Absorbansi.txt", "w+");

        for(int x=265;x<443;x++)
        {

            buff_simpan3[x]=((double)buff_simpan2[x]/(double)buff_simpan1[x]);

            buff_simpan3[x]=-(log10
(buff_simpan3[x]));

```

```

buff_simpan3[x]=3*(buff_simpan3[x]);
                                                                    //printf("x[%d] =
%f\n",x,(3*(buff_simpan3[x])));
                                                                    char buff[5];

sprintf(buff,"%f\n",(buff_simpan3[x]));
                                                                    fprintf(f,buff);
                                                                    }
                                                                    fclose(f);
                                                                    A5=(buff_simpan3[338]);
                                                                    A6=(A5-0.0568)/0.0431;
                                                                    if(A6<17.068)
                                                                    {
                                                                    B1=B2;
                                                                    }
                                                                    if((A6>17.068)&&(A6<50.252))
                                                                    {
                                                                    B1=B3;
                                                                    }
                                                                    if(A6>=50.252)
                                                                    {
                                                                    B1=B4;
                                                                    }
                                                                    }

if( cvWaitKey(1) == '4' )
{
    for(int x=265;x<443;x++)
    {
        A8=25*(buff_simpan3[x]);
        A8=(int)A8;
        int y = 300-(A8);
        //printf("x[%d] =

%f\n",x,A8);

        gambar5-
>imageData[gambar5->widthStep * y + x*gambar5->nChannels]=0;
        titik1 = cvPoint(265,300);
        titik2 = cvPoint(266,300);

```



```

                                for (int x=265; x<450; x++)
                                    for (int y=200;
y<300; y++)
                                {

                                acuan=(uchar)gambar5->imageData[gambar5->widthStep * y
+ x*gambar5->nChannels];
                                if
(acuan<255)
                                {

                                titik2 = cvPoint(x,y);

                                cvLine(gambar5, titik1, titik2, CV_RGB(0,0,0));

                                titik1 = titik2;

                                }
                                }
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(250,300), cvPoint(250,180),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(250,300), cvPoint(460,300),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(265,300), cvPoint(265,310),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(324,300), cvPoint(324,310),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(383,300), cvPoint(383,310),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(442,300), cvPoint(442,310),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(240,250), cvPoint(250,250),CV_RGB(0,0,0));
                                cvLine(gambar5,
cvPoint(240,200), cvPoint(250,200),CV_RGB(0,0,0));
                                char
text1[80],text2[80],text3[80],text4[80],text5[80],text6[80],text7[80],text
8[80];

```

```

2);
    cvInitFont(&font,CV_FONT_HERSHEY_SIMPLEX,0.2,0.6,0.
    sprintf(text1,"400");
    sprintf(text2,"500");
    sprintf(text3,"600");
    sprintf(text4,"700");
    sprintf(text5,"2");
    sprintf(text6,"4");
    sprintf(text7,"Panjang
Gelombang (nm)");
    sprintf(text8,"Absorbansi
(A)");

    cvPutText(gambar5,text1,cvPoint(255,325),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text2,cvPoint(314,325),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text3,cvPoint(373,325),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text4,cvPoint(432,325),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text5,cvPoint(225,253),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text6,cvPoint(225,203),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text7,cvPoint(465,304),&font,cvScalar(0,0,
0));

    cvPutText(gambar5,text8,cvPoint(220,175),&font,cvScalar(0,0,
0));
    for(int x=0;x<430;x++)

```

```

                                for(int
y=0;y<180;y++)
                                {
                                    crop2-
>imageData[crop2->widthStep * y + x*crop2->nChannels]=gambar5-
>imageData[gambar5->widthStep * (y+155) + (x+210)*gambar5-
>nChannels];
                                }

                                cvShowImage("Wavelength vs Absorbance",crop2);
                                cvSaveImage("Wavelength
vs Absorbance.jpg",crop2);
                                }
                                }

                                char
text1[80],text2[80],text3[80],text4[80],text5[80],text6[80],text7[80],text
8[80],text9[80],text10[80],text11[80],text12[80],text13[80],text14[80],te
xt15[80];

                                cvInitFont(&font,CV_FONT_HERSHEY_SIMPLEX,0.2,0.6,0.
2);

                                sprintf(text1,"400");
                                sprintf(text2,"500");
                                sprintf(text3,"600");
                                sprintf(text4,"700");
                                sprintf(text5,"800");
                                sprintf(text6,"SPEKTROFOTOMETER");
                                sprintf(text7,"Muhammad Bintang Gemintang");
                                sprintf(text8,"2211100042");
                                sprintf(text9,"Panjang Gelombang = 525 nm ");
                                sprintf(text10,"Realtime I = %d", A2);
                                sprintf(text11,"Io = %.0f", A3);
                                sprintf(text12,"It = %.0f", A4);
                                sprintf(text13,"Absorbansi = %.3f A", A5);
                                sprintf(text14,"Kons. Protein = %.3f mg/ml", A6);
                                sprintf(text15,"Kualitas = %s", B1);

```

```

cvPutText(gambar4,text1,cvPoint(255,465),&font,cvScalar(0,0,
0));

cvPutText(gambar4,text2,cvPoint(314,465),&font,cvScalar(0,0,
0));

cvPutText(gambar4,text3,cvPoint(373,465),&font,cvScalar(0,0,
0));

cvPutText(gambar4,text4,cvPoint(432,465),&font,cvScalar(0,0,
0));

cvPutText(gambar4,text5,cvPoint(491,465),&font,cvScalar(0,0,
0));

cvPutText(gambar4,text6,cvPoint(35,200),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvPutText(gambar4,text7,cvPoint(3,240),&font,cvScalar(0,0,0)
);

cvPutText(gambar4,text8,cvPoint(3,260),&font,cvScalar(0,0,0)
);

cvPutText(gambar4,text9,cvPoint(3,300),&font,cvScalar(0,0,0)
);

cvPutText(gambar4,text10,cvPoint(3,320),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvPutText(gambar4,text11,cvPoint(3,340),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvPutText(gambar4,text12,cvPoint(3,360),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvPutText(gambar4,text13,cvPoint(3,380),&font,cvScalar(0,0,0
));

```

```

cvPutText(gambar4,text14,cvPoint(3,400),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvPutText(gambar4,text15,cvPoint(3,420),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvLine(gambar4, cvPoint(236,186),
cvPoint(640,186),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(236,440),
cvPoint(640,440),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(236,440),
cvPoint(236,186),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(265,440),
cvPoint(265,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(324,440),
cvPoint(324,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(383,440),
cvPoint(383,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(442,440),
cvPoint(442,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(501,440),
cvPoint(501,450),CV_RGB(0,0,0));

for(int x=0;x<640;x++)
    for(int y=0;y<305;y++)
    {
        crop1->imageData[crop1-
>widthStep * y + x*crop1->nChannels]=gambar4-
>imageData[gambar4->widthStep * (y+170) + x*gambar4-
>nChannels];
    }
cvShowImage("Wavelength vs Intensity",crop1);
if( cvWaitKey(1) == '5' )
{
    cvSaveImage("Wavelength vs
Intensity.jpg",crop1);
}

```

```
        cvReleaseImage(&gambar);
        cvReleaseImage(&gambar1);
        cvReleaseImage(&gambar2);
        cvReleaseImage(&gambar3);
        cvReleaseImage(&gambar4);
        cvReleaseImage(&gambar5);
        cvReleaseImage(&crop1);
    }
    cvReleaseCapture(&capture);
    cvReleaseImage(&frame);
    cvReleaseImage(&data);
    cvDestroyWindow("Original");
}
```



QUALITY CLASSIFICATION OF RAW MILK FROM COW USING SPECTROPHOTOMETER SYSTEM BASED ON RASPBERRY PI

Muhammad Bintang Gemintang
2211100042

Supervisor I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Supervisor II : Suwito, ST., MT.

ABSTRACT

Raw milk from cow is a need that is often consumed by human being. The quality of raw milk from cow need to be well-controlled because milk naturally undergo decay quickly. Protein can be used as a parameter to determine the quality of milk. One of the methods to analyze levels of protein is by using the spectrophotometer. Technically, in laboratory spectrophotometer used to measure transmittance or absorbance of a sample expressed in the function of the wavelength. Wavelength of a sample vary according to colors of the spectrum used. Determining the level of protein use the method of biuret spectrophotometry that produces color purple on the sample, so the wavelength of the highest value of absorbance was obtained in the range of 525 nm. The value of absorbance of raw milk from cow samples show the value of the quantity of its level of protein. The system design of the spectrophotometer use the method based on image processing with *Raspberry Pi*[®]. Testing done by comparing the value of the levels of protein between standard laboratory spectrophotometer and spectrophotometer based on *Raspberry Pi*[®]. The results obtained from testing the spectrophotometer based based on *Raspberry Pi*[®] have average error 2.366%. The classification of quality of raw milk from cow produce 3 levels of classification, which raw milk from cow with the level of protein 0% – 2.5% indicates low quality, 2.51% – 7.38% indicates moderate quality and 7.39% – 9.63% indicates high quality.

Keywords : Protein, Raspberry Pi, Raw Cow's Milk, Spectrophotometer



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul **“KLASIFIKASI KUALITAS AIR SUSU SAPI PERAH MENGGUNAKAN SISTEM SPEKTROFOTOMETER BERBASIS RASPBERRY PI”**. Tugas akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama dari berbagai pihak sehingga kendala-kendala tersebut dapat diatasi. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Ir. Mohamad Farouq dan Ibu Wahyu Ernayanti yang senantiasa memberi doa, nasihat, motivasi dan dukungan penuh. Serta tidak lupa kepada kedua adik saya, Lintang Masita Kandihawa dan Muhammad Galang Shafanaufal yang menjadi sumber semangat dan motivasi.
2. Bapak Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing pertama atas bimbingan, inspirasi, pengarahan dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
3. Bapak Suwito, ST., MT. selaku dosen pembimbing kedua atas bimbingan, inspirasi, pengarahan dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
4. Yeniar Alifa Istiqomah dan keluarga yang telah memberikan dukungan penuh serta motivasi yang tiada henti.
5. Abdul Basith, S.Pd, M.Pd, M.Si. yang telah membantu dan berkontribusi selama analisa dan pengujian dalam penelitian tugas akhir ini.
6. Para Laboran Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang yang telah bersedia membantu selama pengujian dan analisa.
7. Keluarga Wisper 3/6: Mas Handoko, Mas Richard, Mas Dwiki, Fachrul, Rizal, Ellyas dan Faizal.
8. Teman-teman seperjuangan ELKA di B202, B205 dan B402 serta teman-teman angkatan 2011 Teknik Elektro ITS.

Penulis menyadari bahwa pada penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan-kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, walaupun demikian penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
1.7. Relevansi	5

BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dasar Teori	7
2.1.1. Air Susu.....	7
2.1.1.1 Komposisi	8
2.1.1.2 Peranan protein pada Susu	9
2.1.1.3 Standar SNI untuk Susu Segar SNI 3141.1:2011 ..	9
2.1.2. Konsep Dasar Spektrofotometri	10
2.1.3. Cahaya dan Sifat-Sifatnya	10
2.1.3.1 Sifat Sinar Tampak.....	12
2.1.3.2 Sifat Sinar UV	12
2.1.3.3 Radiasi Elektromagnetik	13
2.1.4. Interaksi Cahaya dengan Materi.....	14
2.1.4.1 Absorpsi Cahaya	14
2.1.4.2 Emisi Cahaya	14
2.1.5. Hukum Dasar (Hukum <i>Beer-Lambert</i>).....	15
2.1.6. Instrumentasi Spektrofotometer UV-VIS.....	16
2.1.6.1 Sumber Cahaya	17
2.1.6.2 Monokromator.....	17
2.1.6.3 Kuvet.....	18

2.1.6.4	Detektor	18
2.1.7.	<i>Raspberry Pi</i> [®]	19
2.1.8.	Spektrofotometer Standar yang Digunakan Sebagai Pembanding	20
2.2.	Tinjauan Pustaka	21
2.2.1.	Metode-Metode Analisa Protein	21
2.2.1.1.	Metode Kjeldahl	21
2.2.1.2.	Titration Formol	22
2.2.1.3.	Metode Spektrofotometri Biuret	23
2.2.1.4.	Metode Spektrofotometri UV	23
2.2.1.5.	Metode Lowry.....	23
2.2.2.	Metode yang Digunakan Untuk Pengujian dan Analisa	24
2.2.2.1.	Bahan yang Dibutuhkan.....	24
2.2.2.2.	Alat yang Digunakan	24
2.2.2.3.	Prosedur Pembuatan Reagen Biuret.....	25
2.2.2.4.	Prosedur Pembuatan Kurva Standar	25
2.2.2.5.	Prosedur Persiapan Sampel.....	25
2.2.2.6.	Prosedur Penetapan Kadar Protein Sampel.....	26
2.2.2.7.	Prosedur Perhitungan	26
2.2.3.	Hubungan Absorbansi dengan Kadar Protein	27
2.2.4.	OpenCV	27

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1.	Perancangan Perangkat Keras	30
3.1.1.	Sumber Cahaya	30
3.1.2.	Kuvet.....	31
3.1.3.	Monokromator (Filter)	32
3.1.4.	Kamera.....	32
3.1.5.	<i>Raspberry Pi</i> [®] untuk Komputasi.....	32
3.2.	Perancangan Perangkat Lunak	33
3.2.1.	Pengolahan Data RGB	33
3.2.2.	Proses Kalibrasi Panjang Gelombang	35
3.2.3.	Proses Kalibrasi Batas Nilai Absorbansi.....	36
3.3.	Hasil Akhir Desain Perancangan Sistem.....	38

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1.	Pengujian Hasil Desain Perancangan Sistem Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	42
4.1.1.	Pengujian Absorbansi Sampel Warna Merah.....	42

4.1.2. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Hijau	43
4.1.3. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Biru	44
4.1.4. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Kuning	45
4.2. Pengujian Perbandingan Nilai Absorbansi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	46
4.1.1. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 1	48
4.1.2. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 2	49
4.1.3. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 3	49
4.1.4. Analisa terhadap Data Nilai Absorbansi	50
4.3. Pengujian Perbandingan Nilai Konsentrasi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	52
4.2.1. Pembuatan Kurva Standar Uji Protein	52
4.2.2. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1	54
4.2.3. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2	55
4.2.4. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3	55
4.2.5. Analisa terhadap Data Nilai Konsentrasi Protein	56
4.4. Pengujian Perbandingan Nilai Kadar Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	58
4.3.1. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 1	59
4.3.2. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 2	59
4.3.3. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 3	59
4.3.4. Analisa terhadap Data Nilai Kadar Protein	60
4.5. Klasifikasi Kualitas Air Susu Sapi Perah	62

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	65

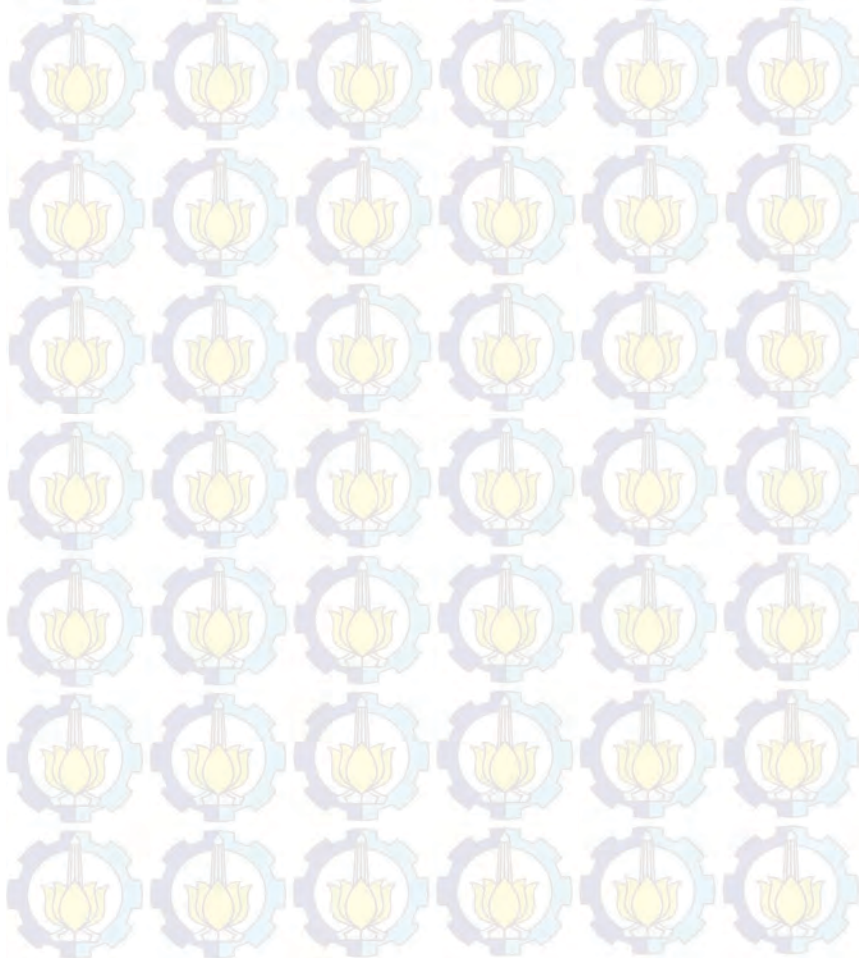
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	69
BIODATA PENULIS	111



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi Komponen-komponen Susu Sapi <i>Friesian</i> dan <i>Guernsey</i> per 100 gram.....	8
Tabel 2.2 Panjang gelombang warna beserta warna komplementer..	11
Tabel 2.3 Daftar Senyawa dan Rentang Pita Serapannya.....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Sumber Cahaya yang Digunakan	31
Tabel 3.2 Konversi Panjang Gelombang dalam Nilai Piksel.....	36
Tabel 4.1 Data Nilai Absorbansi Hari 1	48
Tabel 4.2 Data Nilai Absorbansi Hari 2	49
Tabel 4.3 Data Nilai Absorbansi Hari 3	49
Tabel 4.4 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Absorbansi Hari 1	50
Tabel 4.5 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Absorbansi Hari 2	51
Tabel 4.6 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Absorbansi Hari 3	51
Tabel 4.7 Nilai Absorbansi dari Kurva Standar.....	53
Tabel 4.8 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1	55
Tabel 4.9 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2.....	55
Tabel 4.10 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3.....	56
Tabel 4.11 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Konsentrasi Protein Hari 1	57
Tabel 4.12 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Konsentrasi Protein Hari 2	57
Tabel 4.13 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Konsentrasi Protein Hari 2	58
Tabel 4.14 Data Nilai Kadar Protein Hari 1	59
Tabel 4.15 Data Nilai Kadar Protein Hari 2	59
Tabel 4.16 Data Nilai Kadar Protein Hari 3	60
Tabel 4.17 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Kadar Protein Hari 1	61
Tabel 4.18 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Kadar Protein Hari 2	61
Tabel 4.19 Uji Statistik Non Parametrik <i>Two-Sample Kolmogorov-Smirnov</i> Kadar Protein Hari 3	62

Tabel 4.20	Uji Statistik Non Parametrik <i>Kruskal Wallis</i> Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B	62
Tabel 4.21	Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B	63
Tabel 4.22	Tingkat Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah.....	64



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir	3
Gambar 2.1 Pemerahan Air Susu Sapi	7
Gambar 2.2 Skema Umum Spektrofotometer	10
Gambar 2.3 Spektrum Sinar Tampak	12
Gambar 2.4 Spektrum Sinar UV.....	13
Gambar 2.5 Grafik Absorbansi terhadap Panjang Gelombang.....	16
Gambar 2.6 Skema Spektrofotometer berbasis Pengolahan Citra ...	17
Gambar 2.7 Prinsip Monokromator	18
Gambar 2.8 Kuvet Standar untuk Spektrofotometer	18
Gambar 2.9 <i>Raspberry Pi</i> [®] Model B	19
Gambar 2.10 <i>Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700</i> dari <i>Labomed, Inc.</i> sebagai Spektrofotometer Acuan	20
Gambar 3.1 Ilustrasi Cara Kerja Sistem dengan Elemen (a) Sumber Cahaya, (b) Kuvet, (c) Monokromator, (d) Kamera, (e) <i>Raspberry Pi</i> [®] dan (f) Monitor	29
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem secara Keseluruhan.....	30
Gambar 3.3 Lampu <i>Tungsten Halogen</i> dan <i>Laser Pointer</i> 525 nm	31
Gambar 3.4 Bentuk Fisik Kuvet.....	31
Gambar 3.5 Monokromator Tipe <i>Grating Spectroscope</i>	32
Gambar 3.6 <i>Flow Chart</i> Sistem Pengolahan Citra	33
Gambar 3.7 <i>Flow Chart</i> Pengolahan Data RGB dan <i>Grayscale</i>	34
Gambar 3.8 Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 530 nm	35
Gambar 3.9 Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 664 nm	35
Gambar 3.10 Proses Kalibrasi Batas Nilai Intensitas	37
Gambar 3.11 Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Nilai Intensitas	38
Gambar 3.12 Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]	38
Gambar 3.13 Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Intensitas dalam Program yang Ditampilkan	39

Gambar 3.14	Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Absorbansi dalam Program yang Ditampilkan.....	40
Gambar 4.1	Sampel untuk Pengujian dengan Warna yang Berbeda	42
Gambar 4.2	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Merah.....	43
Gambar 4.3	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Hijau	44
Gambar 4.4	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Biru.....	45
Gambar 4.5	Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Kuning	46
Gambar 4.6	Sampel Susu untuk Pengujian Spektrofotometer	47
Gambar 4.7	Endapan Kering Protein Susu yang Terisolasi	47
Gambar 4.8	Protein Terisolasi diberi Pereaksi Biuret	48
Gambar 4.9	Diagram Rata-rata Nilai Absorbansi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari	50
Gambar 4.10	Larutan Standar BSA dengan Konsentrasi 0.5-4 mg/ml	53
Gambar 4.11	Grafik Hubungan antara Konsentrasi Protein dan Absorbansi pada BSA.....	54
Gambar 4.12	Diagram Rata-rata Nilai Konsentrasi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari	56
Gambar 4.13	Diagram Rata-rata Nilai Kadar Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis <i>Raspberry Pi</i> [®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari	60

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susilorini, Tri Eko dan Manik Eirry Sawitri, “*Produk Olahan Susu*”, Penebar Swadaya, Jakarta, 2006.
- [2] Miller, J.N. and Miller, J.C., “*Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry 4th Edition*”, Prentice Hall, Harlow, 2000.
- [3] ———, “*What Is A Raspberry Pi?*”, <URL: <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>>, Maret, 2015.
- [4] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, “*SNI 01-3141-1998: Susu Segar*”, Balai Besar Industri Kimia Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Jakarta, 1998.
- [5] Shiddieqy, M.I., “*Memetik Manfaat Susu Sapi*”, Departemen Produksi Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran, Bandung, 2007.
- [6] Maheswari, R.R.A., “*Penanganan dan Pengolahan Hasil Ternak Perah*”, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2002.
- [7] Husni, Elidahanum, Asmaedy Samah dan Recy Ariati, “*Analisa Zat Pengawet dan Protein dalam Makanan Siap Saji Sosis*”, Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi, Vol. 12:108-111, 2007.
- [8] Winarno, F.G. dan Ivone E. Fernandez, “*Susu dan Produk Fermentasinya*”, M-Brio Press, Bogor, 2007.
- [9] Ali, M.F., “*Handbook of Industrial Chemistry Organic Chemicals*”, The McGraw-Hill Companies, Inc., Sydney, 2005.
- [10] Reitz, John, Milford, Frederick and Christy, Robert, “*Foundations of Electromagnetic Theory 4th edition*”, Addison Wesley, 1992.
- [11] Bruno, Thomas J. and Svoronos, Paris D.N., “*CRC Handbook of Fundamental Spectroscopic Correlation Charts*”, CRC Press, 2005.
- [12] Allen, Jeannie, “*Ultraviolet Radiation: How it Affects Life on Earth*”, Earth Observatory, NASA, USA, 2001.
- [13] Beran, J.A., “*Chemistry in The Laboratory 2nd Edition*”, Malawi, Halsted Press, 1996.
- [14] Rendina, George, “*Experimental Methods in Modern Biochemistry*”, W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1976.
- [15] Barri, Muhammad H., Ronny Mardiyanto, Djoko Purwanto, “*Implementasi Raspberry Pi pada Sistem Absensi berbasis Pengenalan Wajah*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [16] Poedjiadi, Anna, “*Dasar-dasar Biokimia*”, UI Press, Jakarta, 1994.

- [17] Maharani, E.T. dan Yusrin, “*Kadar Protein Curah yang Dijual Petambak Kota Rembang Dengan Variasi Suhu Penyimpanan*”, Prosiding Seminar Nasional UNIMUS, 6 hal, 2010.
- [18] Sudarmadji, S., “*Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*”, Liberty, Yogyakarta, 1989.
- [19] _____, “*OpenCV (Open Source Computer Vision)*”, < URL: opencv.org>, Maret, 2015.
- [20] Imaduddin, Muhammad R., Ronny Mardiyanto, Djoko Purwanto, “*Rancang Bangun Sistem Bantu Berjalan di Dalam Ruangan untuk Tuna Netra Berbasis Kamera*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [21] Day, R.D. dan Jr., Underwood, “*Analisa Kimia Kuantitatif Edisi ke-4*”, Erlangga, 1990.

BIODATA PENULIS



Lahir di Mojokerto pada tanggal 23 Mei 1993 sebagai anak sulung dari dua bersaudara, penulis mengawali pendidikan formalnya di SD Negeri Gedongan 1 Kota Mojokerto, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah di SMP Negeri 1 Kota Mojokerto pada tahun 2005, SMA Negeri 1 Soko Kabupaten Mojokerto pada tahun 2008 dan akhirnya penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun 2011. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif sebagai asisten Laboratorium Elektronika Dasar B-202 Teknik Elektro ITS

dan mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa dan berbagai kepanitiaan, salah satunya sebagai ketua konseptor acara BARONAS (Lomba Robot Nasional) 2014.

Email : bintang042@gmail.com
bintanggemintang@rocketmail.com

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Susu sapi merupakan bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Dewasa ini sebagian besar susu sapi dimanfaatkan sebagai bahan pangan, baik dikonsumsi dalam keadaan segar maupun diolah menjadi produk tertentu. Kualitas air susu merupakan salah satu aspek yang diperhatikan oleh konsumen [1]. Hal ini disebabkan karena air susu, terutama yang berasal dari hasil perahan, cepat sekali memasuki fase pembusukan dalam jangka waktu yang singkat. Susu secara alami mengandung nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Protein merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk penentuan kualitas susu, sehingga klasifikasi kadar protein dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi kualitas susu. Klasifikasi kadar protein ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi kepada konsumen untuk memudahkan dalam memilih susu yang berkualitas baik.

Kadar protein dalam susu dapat dianalisa dengan beberapa metode. Salah satu metode yang banyak dilakukan saat ini untuk menganalisa protein adalah dengan menggunakan spektrofotometer. Spektrofotometer tersusun atas spektrometer yang berfungsi untuk menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan suatu fotometer yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Spektrofotometer dalam laboratorium berfungsi untuk mengukur transmitansi atau absorbansi suatu sampel yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang [2]. Berdasarkan kajian survei, hingga saat ini belum ada spektrofotometer yang aplikasinya berbasis *Raspberry Pi*[®], sehingga melalui penelitian ini dikembangkan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®].

Raspberry Pi[®] merupakan komputer papan tunggal (*Single Board Circuit*) yang memiliki ukuran sebesar kartu kredit [3]. *Raspberry Pi*[®] telah dikembangkan untuk berbagai macam keperluan, mulai dari komputasi sederhana hingga yang rumit seperti pengolahan citra dan video berformat *high definition*, termasuk sistem spektrofotometer dapat dibangun dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®]. Spektrofotometer yang terdapat di laboratorium dan industri harganya terbilang mahal dan kurang praktis. Penggunaan *Raspberry Pi*[®] ini diharapkan dapat

dikembangkan suatu sistem spektrofotometer yang lebih praktis dan ekonomis.

1.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir dirinci sebagai berikut.

1. Bagaimana perancangan suatu sistem spektrofotometer dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®].
2. Bagaimana metode pengujian yang digunakan untuk menentukan klasifikasi kualitas susu.

1.3. Tujuan

Berdasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan penelitian pada tugas akhir ini dirinci sebagai berikut.

1. Mampu merancang suatu sistem spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®].
2. Mampu menentukan klasifikasi pada sistem yang akan digunakan.

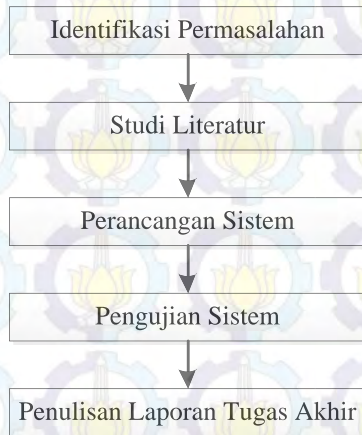
1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini dirinci sebagai berikut.

1. Komputer menggunakan *Single Board Computer* (SBC) berjenis *Raspberry Pi*[®].
2. Jenis spektrofotometer yang dibangun berupa *Visible-Spectrophotometer* dengan menggunakan sumber cahaya lampu *tungsten halogen*.
3. Jenis sampel spesifik berupa susu sapi murni hasil perahan yang belum mengalami pengolahan (*raw milk*).
4. Klasifikasi kualitas susu sapi didasarkan pada kadar protein yang terdeteksi.

1.5. Metodologi

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

IDENTIFIKASI PERMASALAHAN

Identifikasi masalah yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi studi tentang komponen nutrisi yang terdapat dalam air susu, parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas air susu, sistem spektrofotometer secara umum dan potensi implementasi *Raspberry Pi*[®] untuk pengembangan rancangan spektrofotometer.

STUDI LITERATUR

Tahap studi literatur meliputi beberapa hal berikut ini.

1. Mempelajari standar kualitas air susu sapi.
2. Mempelajari proses kerja sistem spektrofotometer.
3. Menganalisa potensi implementasi *Raspberry Pi*[®] untuk pengembangan rancangan spektrofotometer.

PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dirancang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem akuisisi data dan sistem pemrosesan data. Pada bagian sistem akuisisi data terdapat sumber cahaya, sampel, monokromator serta kamera, sedangkan

di dalam bagian sistem pemrosesan data terdapat *Raspberry Pi*[®] dan monitor sebagai *interface* untuk pengguna. Pada bagian sistem akuisisi data, kamera berfungsi sebagai pengambil citra, selanjutnya citra tersebut akan diolah dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®]. Berikutnya dilakukan identifikasi dan hasilnya ditampilkan pada monitor. Kedua bagian tersebut dapat dibagi lagi menjadi dua tahapan, yaitu tahapan perancangan *software* dan *hardware*. Tahapan perancangan *software* meliputi penulisan program untuk pengolahan citra dan program untuk identifikasi, sedangkan dalam perancangan *hardware* meliputi perancangan dan pengemasan alat hingga menjadi sebuah sistem.

PENGUJIAN SISTEM

Ada beberapa pengujian yang dilakukan dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Pengujian Perbandingan Nilai Absorbansi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah.
2. Pengujian Perbandingan Nilai Konsentrasi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah
3. Pengujian Perbandingan Nilai Kadar Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah.

PENULISAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Tahap ini adalah tahap terakhir dari proses pengerjaan tugas akhir ini. Tahap ini dimulai saat pengambilan data. Laporan tugas akhir ini berisi tentang seluruh kegiatan yang dilakukan selama mengerjakan tugas akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir disusun dengan penjelasan mengenai sistem yang dibuat yang terjabarkan dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

BAB I: PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan tentang dasar penyusunan tugas akhir yang terdiri dari beberapa sub bagian, yaitu latar belakang, permasalahan dan batasannya, tujuan yang diharapkan, metodologi pengerjaan tugas akhir, relevansi serta sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini menjelaskan tentang metode-metode klasifikasi dan pengujian yang pernah diteliti sebelumnya. Selain itu, pada bagian ini juga dijelaskan dasar-dasar teori yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini, meliputi teori yang terkait dengan pengembangan *Raspberry Pi*[®] dan sistem spektrofotometer.

BAB III: PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini berisi perancangan sistem yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem akuisisi data dan sistem pemrosesan data. Bagian akuisisi data terdiri dari bagian-bagian dari sistem yang digunakan untuk pengambilan data berupa citra, sedangkan bagian pemrosesan data terdiri dari program untuk mengolah data berupa citra dan program untuk klasifikasi.

BAB IV: PENGUJIAN

Bagian ini akan menjelaskan mengenai cara kerja sistem spektrofotometer dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®] dan analisisnya.

BAB V: PENUTUP

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan dan saran untuk pengembangan rancangan sistem spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] berikutnya.

1.7. Relevansi

Matakuliah yang mendukung tugas akhir ini adalah Divais Optoelektronika, Penginderaan Visual Elektronika dan beberapa referensi tentang analisa biokimia pangan. Hasil akhir penelitian ini berupa *prototype* yang diharapkan dapat dikembangkan dan diimplementasikan sebagai alat bantu kontrol kualitas bahan pangan pada berbagai industri produsen pangan yang menggunakan air susu sapi perah sebagai bahan baku.



BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Dasar teori dalam bab ini menjabarkan tentang berbagai teori yang dapat digunakan sebagai penunjang pengembangan sistem spektrofotometer, sedangkan pada bagian tinjauan pustaka dijabarkan tentang sistem yang pernah dikembangkan dan diimplementasikan dalam penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.

2.1. Dasar Teori

Dasar teori tersusun atas beberapa bagian yang secara berturut-turut meliputi pengertian air susu secara umum, penjelasan mengenai spektrofotometer dan bagan pemrosesan.

2.1.1. Air Susu

Susu adalah hasil pemerahan dari ternak sapi perah atau ternak menyusui lainnya yang diperah secara kontinyu dan komponen-komponennya tidak dikurangi maupun ditambahkan dengan bahan-bahan lain. Susu murni adalah cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara yang benar, yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun. Susu segar adalah susu murni yang disebutkan diatas dan tidak mendapat perlakuan apapun kecuali proses pendinginan tanpa mempengaruhi kemurniannya [4]. Secara fisiologis, susu merupakan sekresi kelenjar ambing sebagai makanan dan proteksi imunologis bagi bayi mamalia. Dijelaskan dalam SK Dirjen Peternakan No. 17 Tahun 1983 bahwa susu adalah susu sapi yang meliputi susu segar, susu murni, susu pasteurisasi dan susu sterilisasi [5].



Gambar 2.1 Pemerahan Air Susu Sapi

Susu merupakan media yang baik untuk pembenihan bagi kuman patogen dan apatogen. Susu yang telah tercemar oleh mikroorganisme, baik melalui perantara hewan, manusia, debu maupun aliran udara membahayakan kesehatan manusia sehingga tidak layak dikonsumsi manusia. Susu harus dilindungi dari pencemaran terutama kontak dengan sumber pencemaran. Pengawasan ini dilakukan mulai dari alat yang digunakan saat pemerahan, pelaksanaan pemerahan, kesehatan dan kebersihan sapi, pakan serta kandang.

2.1.1.1 *Komposisi*

Secara umum semua susu mengandung zat-zat yang sama tetapi jumlahnya berbeda menurut spesies, genetik, keadaan lingkungan dan stadium laktasi. Komposisi susu sapi pada umumnya terdiri dari air, lemak, protein, laktosa, mineral dan vitamin.

Ras (bangsa) sapi juga turut mempengaruhi komposisi susu. Perbedaan bangsa sapi menyebabkan konstituen dalam susu berbeda dalam perbandingannya, perbedaan terutama pada kadar lemaknya. Pada umumnya bangsa sapi yang produksinya tinggi kadar lemaknya rendah. Sapi-sapi dari bangsa yang sama tiap individunya mempunyai variasi dalam memproduksi susu maupun kualitas dari susunya. Dalam suatu bangsa variasi dalam produksi susu lebih besar daripada variasi kadar lemaknya. Contoh perbandingan komposisi komponen-komponen susu Sapi Friesian dan Guernsey tersajikan di dalam Tabel 2.1 [6].

Tabel 2.1 Komposisi Komponen-komponen Susu Sapi *Friesian* dan *Guernsey* per 100 gram

Komponen	<i>Friesian</i>	<i>Guernsey</i>
Air (g)	87,7	86,3
Lemak (g)	3,7	4,6
Protein (g)		
Kasein	2,5	2,8
Protein <i>Whey</i>	0,7	0,8
Laktosa (g)	4,7	4,7
Kalsium (g)	0,12	0,13
Retinol (µg)	37 (<i>summer</i>) 25 (<i>winter</i>)	28 (<i>summer</i>) 25 (<i>winter</i>)
Karoten (µg)	24 (<i>summer</i>) 12 (<i>winter</i>)	50 (<i>summer</i>) 24 (<i>winter</i>)
SNF (g)	8,7	9,1

Lanjutan Tabel 2.1

TS (g)	12,4	13,7
Energi (kJ)	268	314
(kkal)	64	75

2.1.1.2 Peranan protein pada Susu

Protein merupakan salah satu zat makanan yang penting bagi tubuh, mempunyai fungsi sebagai pertumbuhan sel, pengganti sel yang rusak dan sebagai bahan bakar dalam tubuh manusia. Oleh sebab itu kekurangan protein dapat menyebabkan gangguan pada manusia [7]. Protein dalam susu ini biasa dinyatakan dalam PER (Protein Efficiency Ratio). Nilai rata-rata PER dalam susu itu sebanyak 3,1 lebih tinggi dibanding dengan daging sapi, kedelai dan gandum. Protein yang terdapat dalam susu terdiri dari kasein dan protein serum atau *whey protein*. Kasein merupakan 80% dari seluruh protein susu. Kasein sendiri sebetulnya terdiri dari 3 jenis yaitu alpha-kasein (50%), betha-kasein (33%) dan kappa-kasein (15%). Whey protein terdiri dari dua jenis, yaitu protein globulin dan albumin (68%). Protein susu memiliki protein yang tinggi mutu dan gizinya yaitu sepadan dengan daging dan hanya diungguli oleh protein telur [8].

Kasein adalah pembawa mineral kalsium (Ca) dan fosfat (P). Protein ini juga berfungsi menjaga kandungan mineral dalam keadaan terlarut sekaligus menjaga pembentukan *Ca-phosphat* yang tidak larut. Protein juga memiliki fungsi untuk pertahanan terhadap bakteri dan virus dengan cara meningkatkan sistem imunitas tubuh. *Whey protein* yang terdapat dalam kolostrum dan merupakan kelompok protein kompleks. Selain berfungsi untuk meningkatkan imunitas tubuh, jenis protein ini juga mengandung laktofirin yang berfungsi sebagai pengikat zat besi [8].

2.1.1.3 Standar SNI untuk Susu Segar SNI 3141.1:2011

Standar ini merupakan revisi dari SNI 01-3141-1998, Susu segar. Standar ini menetapkan persyaratan mutu, pengambilan contoh, pengujian, pengemasan dan pelabelan susu sapi segar. Standar ini digunakan hanya untuk susu sapi segar sebagai bahan baku pengolahan lanjut. Persyaratan mutu meliputi:

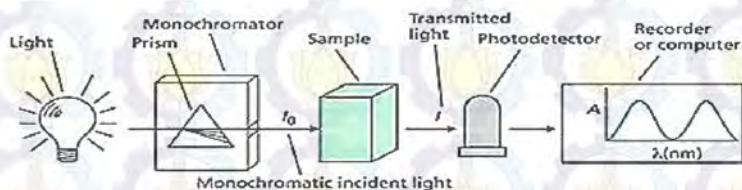
1. Berat Jenis (pada suhu 27,5 derajat C) minimum 1,0270 g/ml
2. Kadar lemak minimum 3,0 %
3. Kadar bahan kering tanpa lemak minimum 7,8 %

4. Kadar protein minimum 2,8 %
5. Warna, bau, rasa, kekentalan tidak ada perubahan
6. Derajat asam 6,0 - 7,5 SH
7. pH 6,3 - 6,8
8. Uji alkohol (70 %) v/v negatif
9. Jumlah sel somatis maksimum 4×10^5 sel/ml.

2.1.2. Konsep Dasar Spektrofotometri

Analisis kimia dengan metode spektrofotometri didasarkan pada interaksi radiasi elektromagnetik (sinar) dengan materi. Interaksi tersebut meliputi proses absorpsi, emisi, refleksi dan transmisi radiasi elektromagnetik oleh atom-atom atau molekul dalam suatu materi [9].

Spektroskopi berhubungan dengan pengukuran dan interpretasi radiasi elektromagnetik yang diserap atau diemisikan ketika molekul, atom, atau ion dari suatu sampel bergerak dari satu tingkat energi tertentu ke tingkat energi lainnya. Setiap atom, ion, atau molekul mempunyai hubungan khas dengan radiasi elektromagnetik. Spektroskopi bisa berkaitan dengan perubahan energi rotasi, energi vibrasi ataupun energi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi.



Gambar 2.2 Skema Umum Spektrofotometer

Beberapa jenis spektrofotometer yang telah dikembangkan hingga saat ini antara lain: (1) spektrofotometer UV-Vis, (2) spektrofotometer Infra merah, (3) spektrofotometer Serapan Atom (SSA), (4) spektrofotometer Resonansi Magnetik (NMR) dan (5) spektrofotometer Pendar Molecular (pendar fluor/pendar fosfor).

2.1.3. Cahaya dan Sifat-Sifatnya

Cahaya adalah suatu bentuk energi dan merupakan radiasi elektromagnetik [10]. Bagian kecil dari radiasi elektromagnetik adalah cahaya tampak yang dapat dilihat langsung oleh mata. Cahaya dapat

dikatakan sebagai rangsangan yang diterima oleh panca indera berupa mata. Dalam menerima rangsangan tersebut ada keterbatasan pada diri manusia yaitu hanya dapat mengidentifikasi cahaya pada panjang gelombang 380-780 nm, yang dikenal sebagai cahaya tampak [11].

Tabel 2.2 Panjang gelombang warna beserta warna komplementer

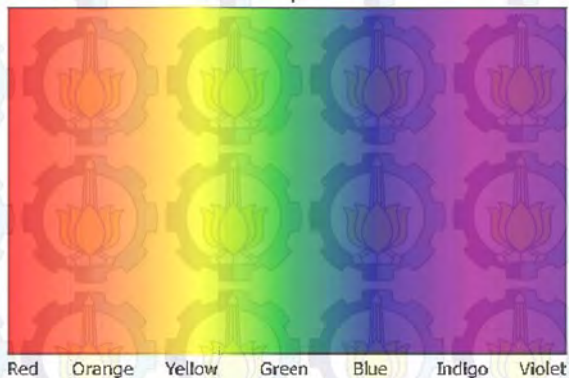
Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
< 380	UV	
380 – 435	Violet	Hijau kekuningan
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru Kehijauan	Jingga
490 – 500	Hijau Kebiruan	Merah
500 – 560	Hijau	Ungu Kemerahan
560 – 580	Hijau Kekuningan	Violet
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 650	Jingga	Biru Kehijauan
650 – 780	Merah	Hijau Kebiruan
> 780	Infra Merah	

Radiasi elektromagnetik mencakup kisaran panjang gelombang yang sangat besar. Sesuai dengan kisaran panjang gelombangnya, maka energi juga beragam pula. Sinar-X mempunyai energi yang cukup untuk mempengaruhi elektron dalam, sedangkan sinar UV hanya cukup untuk mempengaruhi elektron valensi. Sementara itu, radiasi infra merah hanya cukup untuk mempengaruhi vibrasi dan rotasi molekul.

Sinar-X memiliki panjang gelombang yang pendek, tetapi berenergi tinggi. Sinar-X dapat menembus melalui padatan atau cairan yang tipis. Radiasi sinar-X yang terlalu banyak akan merusak sel-sel tubuh manusia. Sinar UV dapat diproduksi oleh lampu khusus yang mengandung uap merkuri atau gas deuterium. Sinar UV berenergi tinggi sehingga dapat menyebabkan luka bakar bila terlalu lama mengenai kulit. Sinar tampak diproduksi oleh lampu biasa (misalkan, lampu wolfram). Cahaya putih yang terpancar dari matahari merupakan campuran dari beberapa cahaya berwarna seperti merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Sinar IR (infra merah) dihasilkan dari benda panas semacam kawat logam global dalam bola lampu. Sinar IR tidak terlihat tetapi dapat dirasakan hangat oleh kulit manusia.

2.1.3.1 Sifat Sinar Tampak

Cahaya putih bila diuraikan akan terdiri dari beberapa warna cahaya, yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Bila kesemua berkas sinar tersebut digabungkan kembali, maka akan diperoleh cahaya putih kembali [11].



Gambar 2.3 Spektrum Sinar Tampak

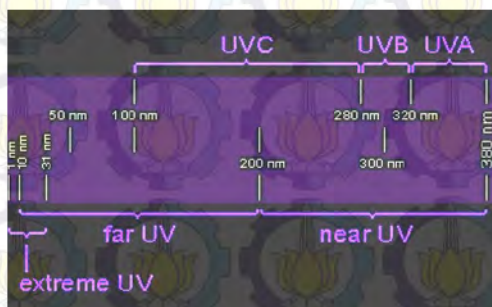
Warna-warna pada cahaya tampak akan terlihat bila ada seberkas cahaya putih direfraksikan oleh prisma, oleh karena cahaya tampak terdiri dari beberapa warna cahaya, maka cahaya tampak disebut sebagai cahaya polikromatis. Satu atau beberapa warna dari cahaya tampak dapat dihilangkan antara lain dengan mengabsorpsi warna tersebut. Setelah absorpsi, maka yang terlihat adalah warna sisa yang tidak terabsorpsi, sebagai contoh, larutan CuSO_4 terlihat berwarna biru karena larutan meneruskan warna biru dan menyerap cahaya kuning (hijau dan merah). Warna yang diserap oleh larutan tersebut dinamakan warna komplementer [11].

2.1.3.2 Sifat Sinar UV

Sinar UV (Ultraviolet) berenergi tinggi, artinya memiliki panjang gelombang yang pendek. Suatu senyawa dapat menyerap sinar UV apabila dalam senyawa tersebut terdapat gugus fungsi yang disebut sebagai kromofor. Kromofor cenderung memiliki ikatan tak jenuh atau mengandung gugus fungsi dengan ikatan rangkap [12].

Tabel 2.3 Daftar Senyawa dan Rentang Pita Serapannya

Type	Contoh	Pita Serapan (nm)
Alkena	CH_2CH_2	165 - 193
Alkuna	CHCH	195 - 225
Aldehida	CH_3CHO	180 - 290
Keton	CH_3COCH_3	188 - 279
Asam	CH_3COOH	208 - 210
Karboksilat		204 - 254



Gambar 2.4 Spektrum Sinar UV

2.1.3.3 Radiasi Elektromagnetik

Suatu berkas radiasi merupakan gelombang elektromagnetik atau foton yang bergerak dengan kecepatan cahaya. Foton mempunyai sifat partikel dengan energi tertentu dan pada saat yang sama juga mempunyai sifat gelombang. Sebuah foton yang berasal dari suatu titik tertentu dalam ruang bergerak dari titik tersebut dalam bentuk gelombang yang dicirikan dengan vektor medan listrik yang secara berkala mempunyai titik maksimum pada arah tegak lurus terhadap gelombang. Panjang gelombang suatu radiasi dinyatakan dalam Angstrom (nilai $1 \text{ \AA}^0 = 10^{-8} \text{ m}$) atau nanometer (nilai $1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ m}$) [10].

Radiasi juga mempunyai frekuensi yaitu jumlah gelombang yang melintasi satu titik tertentu selama waktu tertentu. Panjang gelombang dan frekuensi dihubungkan dengan energi foton (E) menurut persamaan:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.1)$$

Dimana:

h = Tetapan Planck ($6,626 \times 10^{-27}$ erg/s)

c = Kecepatan Cahaya (3×10^8 m/s)

Dari persamaan tersebut tampak bahwa energi radiasi berbeda-beda tergantung pada panjang gelombangnya. Energi semakin kecil dengan semakin besar panjang gelombang radiasi. Spektra absorpsi sering dinyatakan dalam %T maupun dalam bentuk A (absorbansi). Maka,

$$A = -\log (\%T) \quad (2.2)$$

2.1.4. Interaksi Cahaya dengan Materi

Banyak instrumen yang telah dikembangkan untuk keperluan pengukuran secara kuantitatif, diantaranya berdasarkan sifat optik senyawa yang dianalisis. Analisis optik melibatkan interaksi radiasi elektromagnetik dengan bahan-bahan kimia. Dalam analisis ini secara umum parameter pengukuran yang digunakan adalah absorpsi cahaya, hamburan cahaya, emisi cahaya, indeks refraksi suatu zat, rotasi cahaya yang terpolarisasi [10].

2.1.4.1 Absorpsi Cahaya

Zat kimia dapat mengabsorpsi cahaya melalui berbagai cara. Bila zat kimia mengabsorpsi cahaya, maka energi cahaya tersebut diubah menjadi bentuk energi lain. Elektron valensi pada atom atau ion dapat mengabsorpsi energi cahaya UV atau visible sehingga menyebabkan elektron pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Atom hanya dapat mengabsorpsi energi bila energi tersebut setara dengan perbedaan energi dari dua tingkat energi. Jika energi cahaya tidak cukup memadai dengan tingkat energi atom, maka cahaya hanya akan melewatinya tanpa diabsorpsi. Energi berhubungan dengan panjang gelombang, oleh karena itu juga berkaitan dengan warna cahaya [11].

2.1.4.2 Emisi Cahaya

Jika elektron pada keadaan tereksitasi kembali ke tingkat energi yang lebih rendah kembali, maka akan diemisikan energi dalam bentuk cahaya. Cahaya yang diemisikan memiliki panjang gelombang tertentu sesuai dengan perbedaan tingkat energi yang terlibat dalam proses emisi. Karena panjang gelombang emisi tertentu, maka berarti bahwa cahaya yang diemisikan akan memiliki warna tertentu [11].

2.1.5. Hukum Dasar (Hukum Beer-Lambert)

Prinsip kerja spektrofotometer berdasarkan hukum *Beer-Lambert* [13], bila cahaya monokromatik (I_0) melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap (I_a), sebagian dipantulkan (I_r), dan sebagian lagi dipancarkan (I_t). Transmittan adalah perbandingan intensitas cahaya yang ditransmisikan ketika melewati sampel (I_t) dengan intensitas cahaya mula-mula sebelum melewati sampel (I_0).

Berdasarkan hukum *Beer-Lambert*, rumus yang digunakan untuk menghitung banyaknya cahaya yang dihamburkan adalah:

$$T = \frac{I_t}{I_0} \quad (2.3)$$

atau

$$\%T = \frac{I_t}{I_0} \times 100\% \quad (2.4)$$

Absorbansi dinyatakan dengan rumus:

$$A = -\log T = -\log \frac{I_t}{I_0} \quad (2.5)$$

I_0 merupakan intensitas cahaya datang dan I_t adalah intensitas cahaya setelah melewati sampel. Rumus yang diturunkan dari Hukum *Beer-Lambert* dapat ditulis sebagai berikut [9]:

$$A = a.b.c \quad \text{atau} \quad A = \varepsilon.b.c \quad (2.6)$$

Keterangan:

A = absorbansi

a = tetapan absorbtivitas (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm)

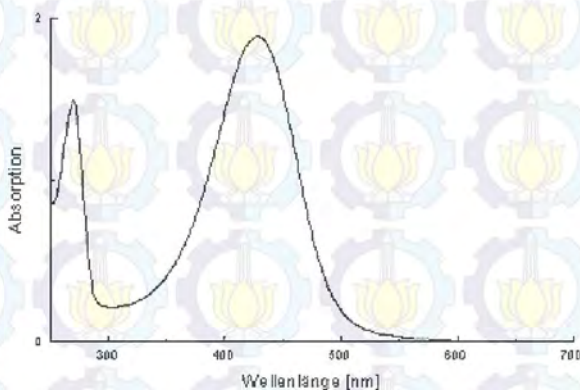
c = Konsentrasi larutan yang diukur

ε = Tetapan absorbtivitas molar (jika konsentrasi larutan yang diukur dalam ppm)

b = Tebal larutan (tebal kuvet diperhitungkan juga umumnya 1 cm)

Persyaratan hukum *Beer-Lambert*, antara lain:

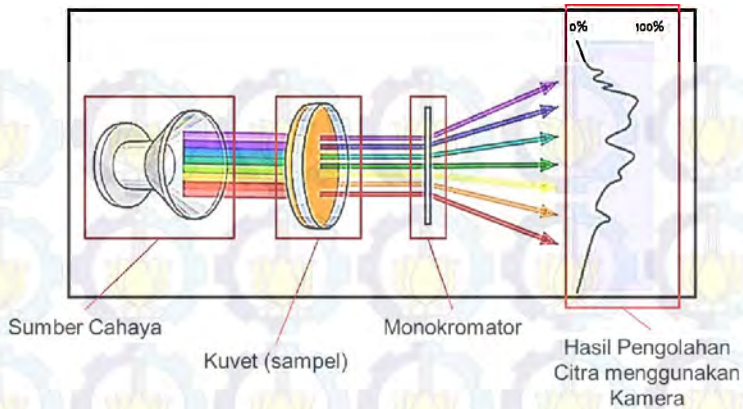
1. Radiasi yang digunakan harus monokromatik.
2. Energi radiasi yang diabsorpsi oleh sampel tidak menimbulkan reaksi kimia.
3. Sampel (larutan) yang mengabsorpsi harus homogen, tidak terjadi fluoresensi atau fosforesensi, dan indeks refraksi tidak berpengaruh terhadap konsentrasi, jadi larutan tidak pekat (harus encer).



Gambar 2.5 Grafik Absorbansi terhadap Panjang Gelombang

2.1.6. Instrumentasi Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometer UV-Vis (Ultraviolet-Visible) merupakan alat yang terdiri dari dua komponen utama yaitu spektrometer dan fotometer [14]. Spektrometer menghasilkan spektra dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer merupakan alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Jadi spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif bila energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Kelebihan spektrofotometer adalah kemampuan alat tersebut untuk lebih menyeleksi panjang gelombang yang diinginkan dengan adanya alat pengurai seperti prisma, *grating* atau celah optis. Secara garis besar spektrofotometer terdiri dari 4 bagian penting, yaitu sumber cahaya, monokromator, kuvet dan detektor.



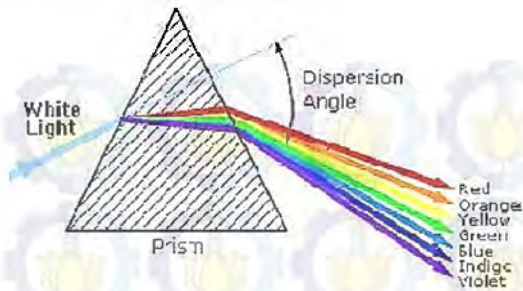
Gambar 2.6 Skema Spektrofotometer berbasis Pengolahan Citra

2.1.6.1 *Sumber Cahaya*

Sumber radiasi dalam spektrofotometri serapan mempunyai dua fungsi, yang pertama memberikan energi pada daerah panjang gelombang yang tepat untuk pengukuran, sedangkan yang kedua untuk mempertahankan intensitas sinar yang tetap selama pengukuran. Untuk spektrofotometer sinar tampak (*visible*) digunakan lampu *wolfram* sebagai sumber cahaya. Lampu *wolfram* menghasilkan panjang gelombang dengan nilai di atas 375 nm. Sementara itu, untuk spektrofotometer sinar UV digunakan lampu *deuterium* yang memiliki panjang gelombang di bawah 375 nm. Energi yang dipancarkan sumber sinar bervariasi sesuai dengan panjang gelombangnya.

2.1.6.2 *Monokromator*

Monokromator adalah alat yang berfungsi untuk menguraikan cahaya polikromatis menjadi beberapa komponen panjang gelombang tertentu (monokromatis) yang berbeda (terdispersi).



Gambar 2.7 Prinsip Monokromator

2.1.6.3 Kuvet

Kuvet spektrofotometer adalah suatu alat yang digunakan sebagai tempat contoh atau cuplikan yang akan dianalisis. Kuvet biasanya terbuat dari bahan kuarsa, *plexiglass*, kaca ataupun plastik dengan bentuk tabung empat persegi panjang 1 x 1 cm dan tinggi 5 cm. Pada pengukuran di daerah UV dipakai kuvet kuarsa atau *plexiglass*, sedangkan kuvet dari kaca tidak dapat dipakai sebab kaca mengabsorpsi sinar UV. Semua macam kuvet dapat dipakai untuk pengukuran di daerah sinar tampak (*visible*).



Gambar 2.8 Kuvet Standar untuk Spektrofotometer

2.1.6.4 Detektor

Peranan detektor penerima adalah memberikan respon terhadap cahaya pada berbagai panjang gelombang. Detektor akan mengubah cahaya menjadi sinyal listrik yang selanjutnya akan ditampilkan oleh

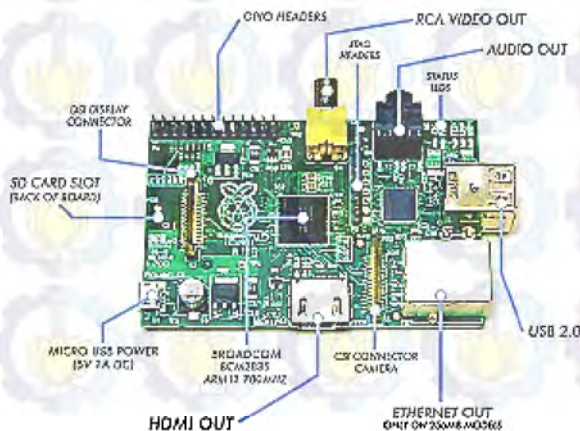
penampil data dalam bentuk jarum penunjuk atau angka digital. Dengan mengukur transmitans larutan sampel, dimungkinkan untuk menentukan konsentrasinya dengan menggunakan hukum Lambert-Beer.

Spektrofotometer akan mengukur intensitas cahaya melewati sampel (I), dan membandingkan ke intensitas cahaya sebelum melewati sampel (I_0). Rasio disebut *transmittance* dan biasanya dinyatakan dalam persentase (%T) sehingga bisa dihitung besar absorbansi (A) dengan rumus $A = -\log \%T$.

2.1.7. *Raspberry Pi*[®]

Raspberry Pi[®] (juga dikenal sebagai RasPi) adalah sebuah SBC (Single-Board Computer) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh Yayasan *Raspberry Pi*[®] di Inggris (UK) dengan maksud untuk memicu pengajaran ilmu komputer dasar di sekolah-sekolah. *Raspberry Pi*[®] menggunakan *System on a Chip* (SoC) dari Broadcom BCM2835, juga sudah termasuk prosesor ARM1176JZF-S 700 MHz, GPU VideoCore IV dan RAM sebesar 256 MB (untuk Rev. B) [3].

Berbeda dengan komputer pada umumnya, mini komputer ini menggunakan SD Card untuk proses booting dan penyimpanan pada proses yang lama. Perangkat ini menggunakan operating system(OS) yang berbeda dengan komputer pada umumnya. OS yang digunakan berbasis linux dengan berbagai jenis , beberapa diantaranya yang sudah sering dipakai di masyarakat umum adalah raspbian dan Fedora [15].



Gambar 2.9 *Raspberry Pi*[®] Model B

2.1.8. Spektrofotometer Standar yang Digunakan Sebagai Pembanding

Pengujian sistem spektrofotometer yang dirancang dilakukan dengan cara membandingkannya dengan spektrofotometer yang biasa digunakan di laboratorium. Salah satu spektrofotometer yang sering dipakai adalah *Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700* dari *Labomed, Inc.* yang terdapat di Laboratorium Terpadu II Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Spesifikasi dari spektrofotometer acuan adalah sebagai berikut.

1. *Optical System* : *Dual Beam*
2. *Wavelength Range* : 190 nm – 1100 nm
3. *Spectral Bandwidth* : 1.0 nm
4. *Wavelength Display* : 0.1 nm resolution
5. *Stray Light* : $\leq 0.12\%T$ (220nm NaI, 340nm NaNO₂)
6. *Wavelength Accuracy* : + 0.3nm (with automatic wavelength correction)
7. *Light Source* : *Socket Deuterium Lamp and Socket Tungsten Halogen Lamp*
8. *Detector* : *Silicon photodiode*



Gambar 2.10 *Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700* dari *Labomed, Inc.* sebagai Spektrofotometer Acuan

Selanjutnya spektrofotometer di atas digunakan sebagai standar spektrofotometer acuan untuk sistem spektrofotometer yang dirancang oleh penulis.

2.2. Tinjauan Pustaka

Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan untuk menguji parameter protein yang dijadikan sebagai acuan klasifikasi susu sapi perah, diantaranya metode Kjeldahl, titrasi formol, metode Lowry, metode biuret dan metode spektrofotometri UV. *Library* program yang digunakan dalam tugas akhir juga akan dibahas.

2.2.1. Metode-Metode Analisa Protein

Berikut ini merupakan metode-metode yang sudah digunakan secara umum untuk menganalisa protein.

2.2.1.1. Metode Kjeldahl

Protein merupakan senyawa makromolekul kompleks yang terdiri dari unsur C, H, O, N, S, dan dalam bentuk kompleks mengandung unsur P. Penetapan kadar protein dengan metode Kjeldahl merupakan metode empiris (secara tidak langsung) yaitu melalui penetapan kadar N dalam bahan. Dengan metode ini, senyawa-senyawa bernitrogen yang lain selain protein juga terukur sebagai protein sehingga metode ini sering disebut penetapan protein kasar [16]. Tahapan analisis protein dengan metode Kjeldahl meliputi destruksi, destilasi, dan titrasi. Destruksi bertujuan melepaskan unsur N dari protein yang diubah menjadi amonium sulfat. Pada tahap destilasi amonium sulfat diubah menjadi amoniak yang ditangkap oleh larutan asam standar berlebih. Sisa asam yang tidak bereaksi dengan amoniak dititrasi, sehingga dapat diketahui jumlah amoniak dari N protein sampel [17].

Cara Kjeldahl pada umumnya dapat dibedakan atas dua cara, yaitu cara makro dan semimikro [18]. Cara makro Kjeldahl digunakan untuk contoh yang sukar dihomogenisasi dan besar contoh 1-3 gr, sedang semimikro Kjeldahl dirancang untuk contoh ukuran kecil yaitu kurang dari 300 mg dari bahan yang homogen. Cara analisis tersebut akan berhasil baik dengan asumsi nitrogen dalam bentuk ikatan N-N dan N-O dalam sampel tidak terdapat dalam jumlah yang besar.

Metode ini telah banyak mengalami modifikasi. Metode ini cocok digunakan secara semimikro, sebab hanya memerlukan jumlah sampel

dan pereaksi yang sedikit dan waktu analisa yang pendek. Cara Kjeldahl digunakan untuk menganalisis kadar protein kasar dalam bahan makanan secara tidak langsung, karena yang dianalisis dengan cara ini adalah kadar nitrogennya.

2.2.1.2. *Titration Formol*

Larutan protein dinetralkan dengan basa (NaOH) lalu ditambahkan formalin akan membentuk dimethylol. Terbentuknya dimethylol ini berarti gugus aminonya sudah terikat dan tidak akan mempengaruhi reaksi antara asam dengan basa NaOH sehingga akhir titrasi dapat diakhiri dengan tepat. Indikator yang digunakan adalah p.p., akhir titrasi bila tepat terjadi perubahan warna menjadi merah muda yang tidak hilang dalam 30 detik.

Prosedur Kerja (SNI-01-2891-1992):

1. Pindahkan 10 ml susu atau larutan protein ke dalam erlenmeyer 125 ml dan tambahkan 20 ml aquades dan 0.4 ml larutan Kalium oksalat jenuh (kalium oksalat : air = 1:3) dan 1 ml phenolphthalein 1%. Diamkan selama 2 menit.
2. Titrasi larutan contoh dengan 0.1 N NaOH sampai mencapai warna merah jambu.
3. Setelah warna tercapai, tambahkan 2 ml larutan formaldehid 40% dan titrasilah kembali dengan larutan NaOH sampai warna merah jambu. Catatlah titrasi kedua ini.
4. Buatlah titrasi blanko yang terdiri dari : 10 ml aquades + 20 ml aquades + 0,4 ml larutan K-oksalat jenuh + 1 ml indikator phenolphthalein + 2 ml larutan formaldehid dan titrasi dengan larutan NaOH.
5. Titrasi terkoreksi yaitu titrasi yang kedua dikurangi titrasi blanko merupakan titrasi formol. Untuk mengetahui % protein, harus dibuat percobaan serupa dengan menggunakan larutan yang telah diketahui kadar proteinnya (misalnya dengan menggunakan metode Kjeldahl).
6. Untuk susu dapat digunakan faktor 1,83, sedangkan untuk kasein faktor konversi 1,63.

$$\% \text{Protein} = \frac{\text{titrasi formol}}{\text{g bahan} \times 10} \times N. \text{NaOH} \times 14.008 \times FK \quad (2.7)$$

Titrasi formol kurang praktis untuk penentuan kadar protein secara absolut, karena tiap-tiap jenis protein perlu dicari faktor

konversinya. Cara ini lebih sesuai untuk menentukan secara cepat pemecahan protein [18].

2.2.1.3. Metode Spektrofotometri Biuret

Reaksi Biuret merupakan reaksi atau metode yang digunakan untuk mengetahui atau membuktikan keberadaan ikatan peptida pada suatu larutan. Keberadaan ikatan peptida ini menunjukkan bahwa larutan tersebut mengandung salah satu sumber energi bagi tubuh yaitu protein. Perubahan warna ungu pada larutan putih telur menunjukkan larutan tersebut mengandung protein. Pada masing-masing tabung, mengalami perubahan warna menjadi biru setelah ditetesi biuret. Semakin pekat warna biru, semakin tinggi pula kadar protein yang dikandungnya [18].

2.2.1.4. Metode Spektrofotometri UV

Asam amino penyusun protein diantaranya adalah triptofan, tirosin dan fenilalanin yang mempunyai gugus aromatik. Triptofan mempunyai absorpsi maksimum pada 280 nm, sedang untuk tirosin mempunyai absorpsi maksimum pada 278 nm. Fenilalanin menyerap sinar kurang kuat dan pada panjang gelombang lebih pendek. Absorpsi sinar pada 280 nm dapat digunakan untuk estimasi konsentrasi protein dalam larutan. Supaya hasilnya lebih teliti perlu dikoreksi kemungkinan adanya asam nukleat dengan pengukuran absorpsi pada 260 nm. Pengukuran pada 260 nm untuk melihat kemungkinan kontaminasi oleh asam nukleat. Rasio absorpsi 280/260 menentukan faktor koreksi yang ada dalam suatu tabel [18].

2.2.1.5. Metode Lowry

Reagen pendeteksi gugus-gugus fenolik seperti reagen folin dan ciocalteu telah digunakan dalam penentuan konsentrasi protein oleh Lowry (1951) yang kemudian dikenal dengan metode Lowry. Dalam bentuk yang paling sederhana reagen folin ciocalteu apt mendeteksi residu tirosin (dalam protein) karena kandungan fenolik dalam residu tersebut mampu mereduksi fosfotungstat dan fosfomolibdat, yang merupakan konstituen utama reagen folin ciocalteu, menjadi tungsten dan molibdenum yang berwarna biru. Hasil reduksi ini menunjukkan puncak absorpsi yang lebar pada daerah merah. Sensitivitas dari metode folin ciocalteu ini mengalami perbaikan yang cukup signifikan apabila digabung dengan ion-ion Cu.

Berawal dari pemanfaatan alat spektrofotometer yaitu untuk mengukur jumlah penyerapan zat suatu senyawa, penyerapan cahaya pada senyawa larutan tersebut dapat digunakan sebagai dasar atau pedoman dalam penentuan konsentrasi larutan atau senyawa secara kuantitatif. Keuntungan metode Lowry adalah 100 kali lipat lebih sensitif dibandingkan dengan metode Biuret [18].

Beberapa zat yang bisa mengganggu penetapan kadar protein dengan metode Lowry ini, diantaranya buffer, asam nuklet, gula atau karbohidrat, deterjen, gliserol, Tricine, EDTA, Tris, senyawa-senyawa kalium, sulfhidril, disulfida, fenolat, asam urat, guanin, xanthine, magnesium, dan kalsium. Interferensi agen-agen ini dapat diminimalkan dengan menghilangkan interferens tersebut. Sangat dianjurkan untuk menggunakan blanko untuk mengkoreksi absorbansi. Interferensi yang disebabkan oleh detergen, sukrosa dan EDTA dapat dieliminasi dengan penambahan SDS atau melakukan preparasi sampel dengan pengendapan protein.

2.2.2. Metode yang Digunakan Untuk Pengujian dan Analisa

Metode yang digunakan untuk analisa pada bab ini adalah metode spektrofotometri biuret. Metode ini merupakan cara terbaik untuk menentukan kadar protein sampel. Prinsip penetapan protein metode Biuret adalah pada kondisi basa, Cu^{2+} membentuk kompleks dengan ikatan peptida ($-\text{CO}-\text{NH}-$) suatu protein menghasilkan warna ungu, sehingga kadar protein sampel dapat ditetapkan dengan spektrofotometer [18].

2.2.2.1. Bahan yang Dibutuhkan

Bahan yang digunakan untuk pengujian spektrofotometri biuret dirinci berikut ini.

1. Sampel (air susu murni sapi perah)
2. Reagen biuret
3. Protein standar (BSA)
4. Aquades
5. Asam asetat glasial

2.2.2.2. Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk pengujian spektrofotometri biuret dirinci berikut ini.

1. Spektrofotometer
2. Sentrifuse dan tube sentrifuse
3. Waring blender
4. Tabung reaksi
5. Timbangan analitik
6. Cawan porselen dan mortar
7. Batang pengaduk kaca
8. Pipet volume 1 ml, 5 ml, 10 ml dan bola hisap
9. Corong
10. Kertas saring
11. Erlenmeyer
12. Vortex

2.2.2.3. Prosedur Pembuatan Reagen Biuret

1. 150 mg tembaga (II) sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dan kalium natrium tartarat ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dilarutkan ke dalam 50 ml aquades dalam labu takar 100 ml.
2. 30 ml natrium hidroksida 10 % ditambahkan ke dalam labu takar sambil dikocok perlahan, selanjutnya ditambahkan aquades sampai garis tanda.

2.2.2.4. Prosedur Pembuatan Kurva Standar

1. BSA (*Bovine Serum Albumin*) dilarutkan ke dalam air dengan konsentrasi 10 mg/ml.
2. Sebanyak 0 (blanko), 0.05, 0.1, 0.2 dan 0.4 ml larutan protein standar dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan aquades sampai volume total masing-masing 1 ml.
3. Sebanyak 3 ml pereaksi biuret ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi kemudian diletakkan di atas vortex.
4. Tabung disimpan pada suhu 37°C selama 10 menit atau pada suhu kamar selama 30 menit hingga terbentuk warna ungu yang sempurna.
5. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 525 nm.

2.2.2.5. Prosedur Persiapan Sampel

1. Sejumlah 10 gram susu bubuk dilarutkan ke dalam 50 ml aquades.
2. Larutan susu dipanaskan dan diberi larutan asam asetat glasial sampai semua protein mengendap.

3. Protein yang mengendap disaring dengan menggunakan kertas saring kasar, filtrat sisa hasil penyaringan dibuang.
4. Endapan yang telah didapatkan dari hasil penyaringan dianginkeringkan.

2.2.2.6. *Prosedur Penetapan Kadar Protein Sampel*

1. Sebanyak 3.4 gram endapan protein dilarutkan dalam 1 ml aquades.
2. Sebanyak 4 ml larutan pereaksi biuret ditambahkan ke larutan sampel.
3. Larutan sampel dikocok perlahan sampai endapan protein terlarut sempurna.
4. Larutan sampel didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang.
5. Larutan sampel dibaca nilai absorbansinya pada panjang gelombang 525 nm.
6. Kadar protein dihitung dengan menggunakan kurva standar dan nilai kadar protein bisa didapatkan melalui prosedur perhitungan.

2.2.2.7. *Prosedur Perhitungan*

$$\text{Konsentrasi Standar (mg/ml)} = \frac{V_{\text{standar}}}{V_{\text{total}}} \times \text{Kons. BSA} \quad (2.8)$$

Persamaan regresi linier didapatkan dari kurva standar:

$$y = ax + b \quad (2.9)$$

Dimana:

y = nilai absorbansi sampel

x = konsentrasi sampel

$$\text{Protein (\%)} = \frac{FP \times V_{\text{akhir}} \text{ (ml)} \times \text{kons. sampel}}{\text{berat sampel (gr)} \times 1000} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan:

FP = Faktor Pengenceran

$$FP = \frac{V_{\text{pengencer}} \text{ (ml)} + V_{\text{sampel}} \text{ (ml)}}{V_{\text{sampel}} \text{ (ml)}} \quad (2.11)$$

2.2.3. Hubungan Absorbansi dengan Kadar Protein

Secara teknis, spektrofotometer dalam laboratorium berfungsi untuk mengukur transmitansi atau absorbansi suatu sampel yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang. Panjang gelombang suatu sampel berbeda-beda sesuai dengan warna spektrum yang digunakan. Untuk pengujian kadar protein digunakan metode spektrofotometri biuret yang menghasilkan warna ungu pada sampel, sehingga panjang gelombang dengan absorbansi nilai tertinggi didapatkan pada kisaran 525 nm. Nilai absorbansi dari sampel air susu sapi perah yang diuji menunjukkan nilai kuantitas kadar proteinnya. Semakin tinggi nilai absorbansi dari sampel yang diuji, maka semakin tinggi kadar proteinnya.

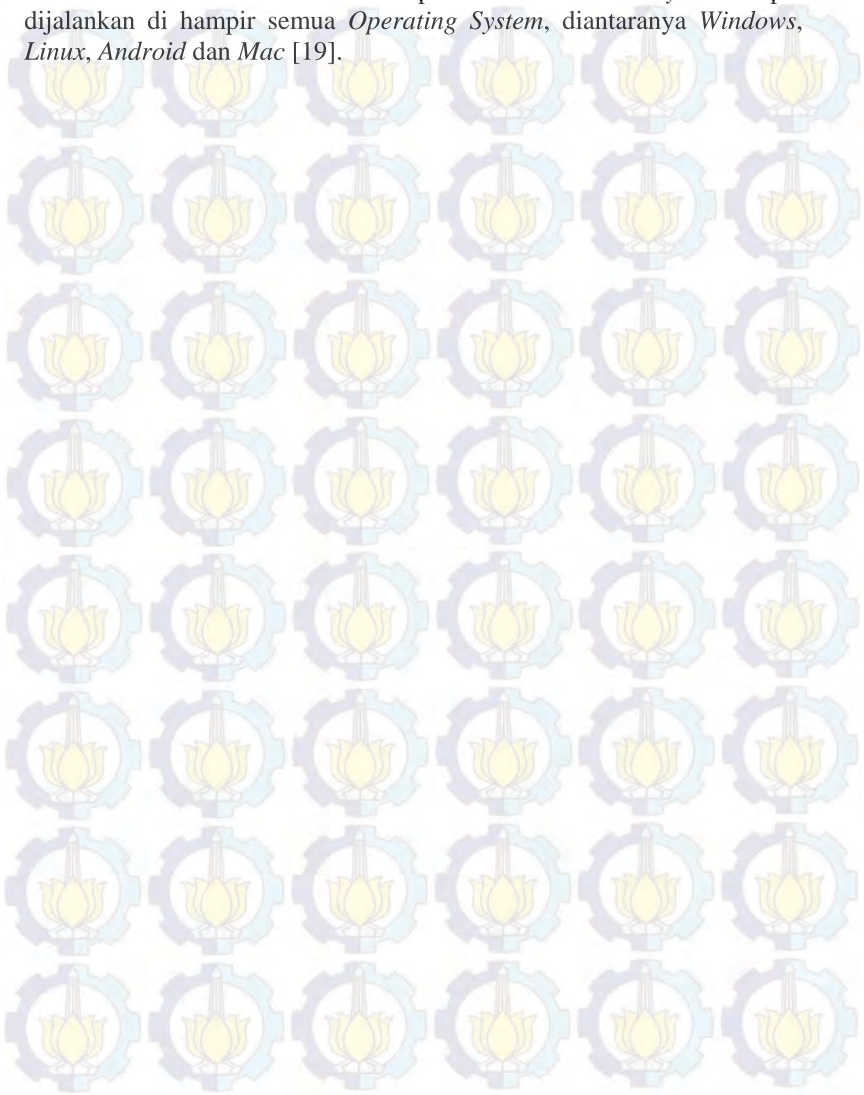
Pengukuran spektrofotometri menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linieritas antara absorbansi dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmitansi.

Panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimal, dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang dari suatu larutan baku pada konsentrasi tertentu. Panjang gelombang maksimal memiliki kepekaan maksimal karena terjadi perubahan absorbansi yang paling besar. Pada panjang gelombang maksimal, bentuk kurva absorbansi memenuhi hukum Lambert-Beer. Penentuan kadar sampel metode regresi linier yaitu metode parametrik dengan variabel bebas (konsentrasi sampel) dan variabel terikat (absorbansi sampel) menggunakan persamaan garis regresi Kurva Larutan Baku. Konsentrasi sampel dapat dihitung berdasarkan persamaan kurva baku tersebut.

2.2.4. OpenCV

OpenCV (*Open source Computer Vision*) merupakan sebuah library dari fungsi programming untuk *real-time computer vision*. OpenCV dapat dimanfaatkan oleh program-program lainnya (seperti C, C++ dan *Python*) untuk melakukan pengambilan, pengolahan serta penampilan data gambar, baik dalam bentuk *image* dan *video* maupun

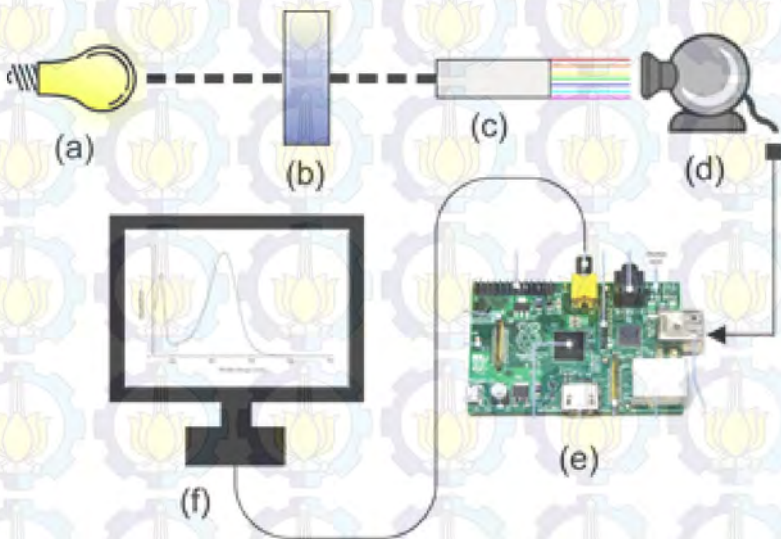
real-time video. OpenCV bersifat *Open Source*, dapat digunakan secara bebas baik untuk akademik maupun komersil. *Library* ini dapat dijalankan di hampir semua *Operating System*, diantaranya *Windows*, *Linux*, *Android* dan *Mac* [19].



BAB III

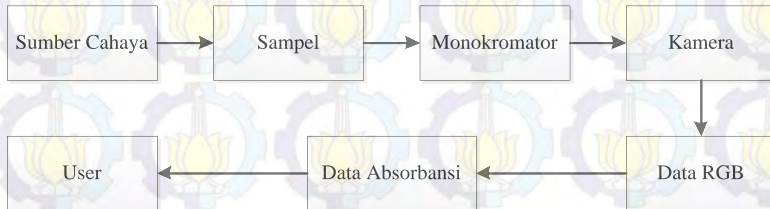
PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dirancang terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem akuisisi data dan sistem pemrosesan data. Pada bagian sistem akuisisi data terdapat sumber cahaya, sampel, monokromator dan kamera, sedangkan pada bagian sistem pemrosesan data terdapat *Raspberry Pi*[®] dan monitor sebagai *interface* untuk pengguna. Pada bagian sistem akuisisi data, kamera berfungsi sebagai pengambil citra, selanjutnya citra tersebut akan diolah dengan *Raspberry Pi*[®] untuk diidentifikasi dan hasilnya ditampilkan melalui monitor. Secara interaktif, ilustrasi cara kerja dari sistem ditampilkan dalam Gambar 3.1. Terdapat 6 elemen utama dalam perancangan sistem secara utuh. Elemen tersebut diantaranya sumber cahaya, kuvet, monokromator, kamera, *Raspberry Pi*[®] dan monitor. Untuk spesifikasi masing-masing elemen akan dijelaskan lebih lanjut di sub-bab perancangan perangkat keras.



Gambar 3.1 Ilustrasi Cara Kerja Sistem dengan Elemen (a) Sumber Cahaya, (b) Kuvet, (c) Monokromator, (d) Kamera, (e) *Raspberry Pi*[®] dan (f) Monitor

Sistem yang dirancang ini memiliki fungsi untuk mendapatkan nilai absorbansi beserta grafik dari sampel berupa cairan yang diuji. Blok diagram dari sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem secara Keseluruhan

Cara kerja sistem ini secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

1. Sumber cahaya memancarkan cahaya dengan nilai panjang gelombang tertentu.
2. Kuvet yang digunakan sebagai wadah sampel akan menerima pancaran radiasi cahaya dan akan diteruskan menuju monokromator.
3. Monokromator berfungsi untuk mengubah cahaya polikromatis menjadi monokromatis, sehingga nilai panjang gelombang dari sumber cahaya dapat diidentifikasi.
4. Kamera menangkap data gambar.
5. *Raspberry Pi*[®] melakukan pengolahan citra dari data gambar yang diambil oleh kamera. Data gambar berupa nilai RGB yang diinterpretasikan dalam bentuk grafik fungsi, selanjutnya data tersebut ditampilkan pada monitor.

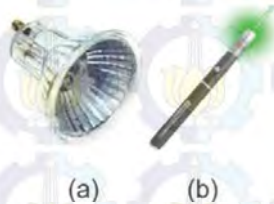
3.1. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam sistem ini merupakan perangkat dasar yang digunakan untuk membangun sebuah spektrofotometer. Perangkat keras yang digunakan diantaranya adalah sumber cahaya berupa lampu wolfram dan laser pointer, kuvet sebagai wadah sampel, monokromator untuk proses spektroskopi, kamera *webcam* untuk mengambil data gambar dan *Raspberry Pi*[®] untuk proses komputasi dan program.

3.1.1. Sumber Cahaya

Sumber cahaya yang digunakan ada dua, yaitu lampu *tungsten halogen* dan *laser pointer*. Lampu *tungsten halogen* mempunyai panjang

gelombang berkisar antara 400-700 nm, sehingga lampu jenis ini cocok digunakan sebagai sumber cahaya untuk spektrofotometer jenis *visible*. Sedangkan *laser pointer* yang digunakan mempunyai spesifikasi panjang gelombang 525 nm. *Laser pointer* merupakan sumber cahaya yang bertipe monokromatis (hanya 1 tingkatan panjang gelombang).



Gambar 3.3 Lampu Tungsten Halogen dan Laser Pointer 525 nm

Berikut ini merupakan spesifikasi dari sumber cahaya yang digunakan pada sistem:

Tabel 3.1 Spesifikasi Sumber Cahaya yang Digunakan

Spesifikasi	<i>Tungsten Halogen</i>	<i>Laser Pointer</i>
Daya Keluaran	15 Watt	Maksimal 5 mWatt
Panjang Gelombang (nm)	380-700	532 ± 10 (525 setelah kalibrasi)

3.1.2. Kuvet

Kuvet yang digunakan terbuat dari bahan plastik dan berukuran 1 cm x 1 cm x 4 cm, dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bentuk Fisik Kuvet

3.1.3. Monokromator (Filter)

Monokromator yang digunakan berjenis *grating spectroscope*, berfungsi sebagai filter yang mengubah cahaya polikromatis menjadi monokromatis. Prinsip yang digunakan monokromator sama halnya seperti prinsip prisma.



Gambar 3.5 Monokromator Tipe *Grating Spectroscope*

3.1.4. Kamera

Kamera yang digunakan berjenis *Webcam Camera* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *Resolution* : 1920 x 1080 *pixels* (1080p *Full HD*)
- *Frame Rate* : 30 *fps* (*frame per second*)
- *Computer Interface* : USB 2.0

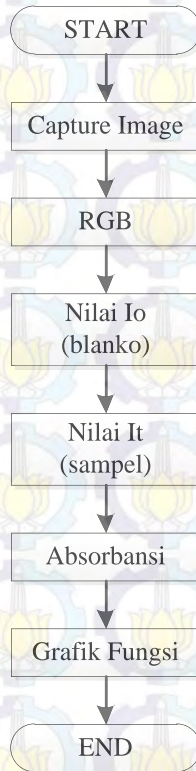
3.1.5. *Raspberry Pi*® untuk Komputasi

Pada sistem digunakan *Raspberry Pi*® Tipe B dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *CPU* : 700 MHz ARM1176JZF-S *core*
- *Memory* : 256 MiB SDRAM
- *Video Output* : *Composite RCA & HDMI*
- *Onboard Storage* : SD/MMC/SDIO *card slot*
- *Power Ratings* : 700 mA (3.5 Watt)
- *Power Source* : 5 Volt (MicroUSB/GPIO *Header*)
- *Size* : 85.60 mm x 53.98 mm

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian perancangan lunak ini meliputi algoritma pemrograman yang digunakan antara lain pengambilan data, pengolahan data dan interpretasi data.

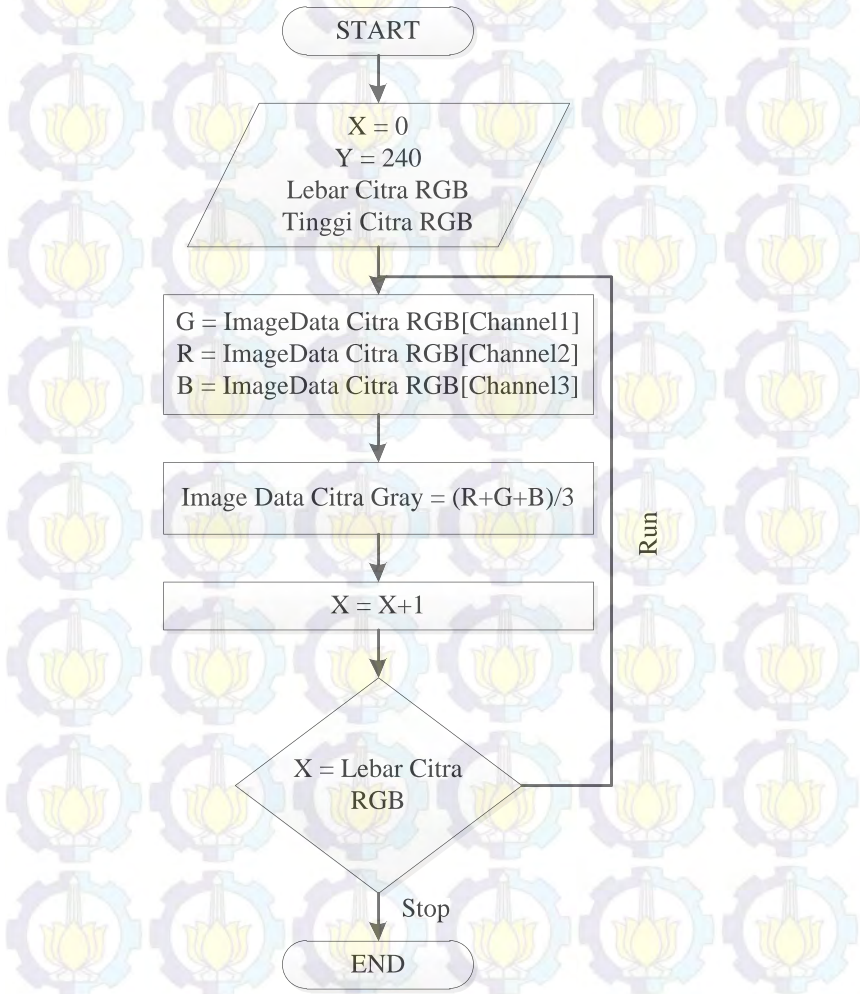


Gambar 3.6 Flow Chart Sistem Pengolahan Citra

3.2.1. Pengolahan Data RGB

Pengambilan data menggunakan kamera *webcam* sebagai divais pengambil data gambar dan OpenCV sebagai *library* untuk mengambil, mengolah dan menampilkan data gambar. Adapun semua proses pengolahan data gambar dilakukan menggunakan *Raspberry Pi*[®].

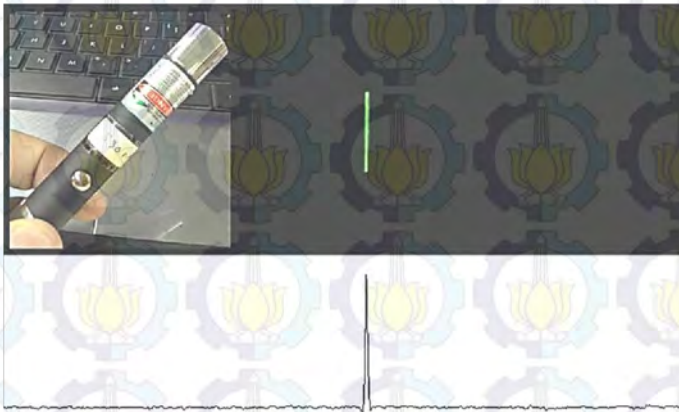
Proses pengolahan dan pemrosesan dipermudah dengan cara dilakukan proses untuk mereduksi matrik penyusun citra dari 3 matrik menjadi 1 matrik. Proses ini dinamakan *grayscale* yaitu mengubah citra berwarna menjadi bentuk citra *grayscale* [20].



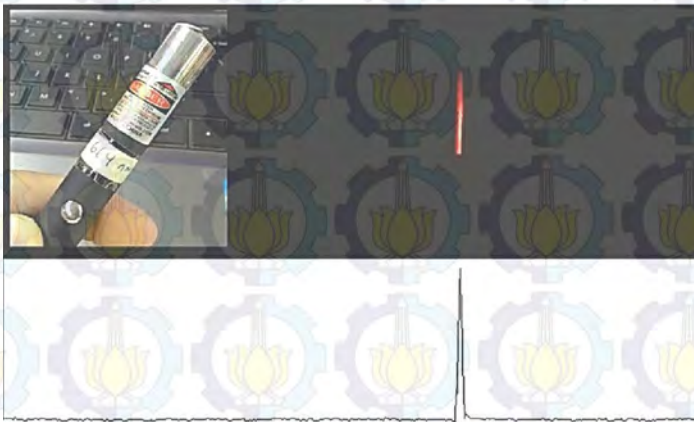
Gambar 3.7 Flow Chart Pengolahan Data RGB dan Grayscale

3.2.2. Proses Kalibrasi Panjang Gelombang

Proses kalibrasi digunakan untuk menentukan skala panjang gelombang dan absorbansi dengan tepat supaya grafik data gambar yang dimunculkan presisi (data yang didapat pun sesuai). Dua buah *laser pointer* dengan panjang gelombang spesifik 530 nm dan 664 nm digunakan untuk kalibrasi panjang gelombang. Proses kalibrasi ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 530 nm



Gambar 3.9 Proses Kalibrasi dengan Panjang Gelombang 664 nm

Penentuan skala panjang gelombang pada sistem digunakan skala perbandingan antara nilai piksel dengan panjang gelombang kalibrasi yang telah diketahui. Resolusi yang digunakan pada citra sebesar 640 (lebar) x 480 (tinggi) piksel. Berikut ini nilai letak piksel dengan panjang gelombang berdasarkan kalibrasi *laser pointer*:

1. 530 nm = (342,342)
2. 664 nm = (421, 328)

Jika panjang gelombang menggunakan penskalaan pada sisi horizontal, maka nilai piksel yang digunakan adalah piksel lebar (0 sampai dengan 640). Berdasarkan skala tersebut, panjang gelombang 530 nm terletak pada piksel (342,Y) dan panjang gelombang 664 nm terletak pada panjang gelombang (421,Y), sehingga jarak antara 530-664 nm sebanding dengan jarak antara piksel X (lebar) 342-421. Setelah dikalkulasi, nilai perbandingan antara jarak antar piksel dengan panjang gelombang adalah 1:1,69620253. Rincian nilai konversi panjang gelombang dalam nilai piksel disajikan pada Tabel 3.2. Pada Tabel 3.2 panjang gelombang yang digunakan pada penelitian ini adalah 525 nm.

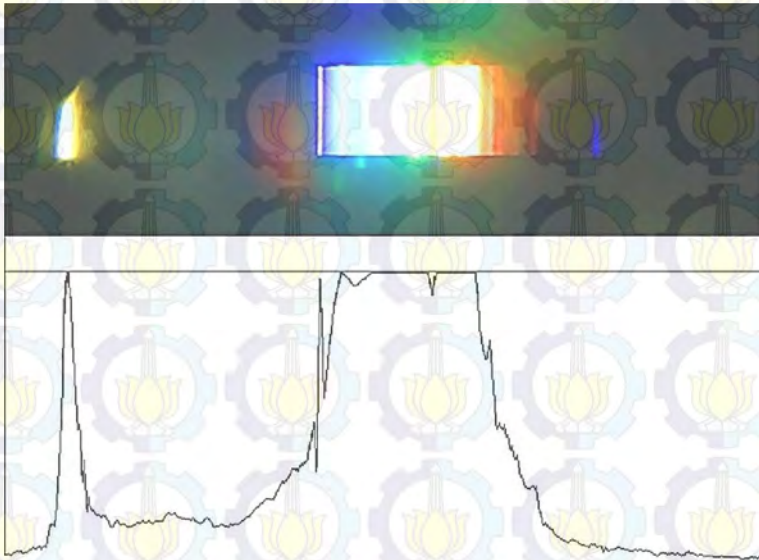
Tabel 3.2 Konversi Panjang Gelombang dalam Nilai Piksel

No.	Panjang Gelombang (nm)	Nilai Piksel (<i>width</i>)
1	0	29
2	100	88
3	200	147
4	300	206
5	400	265
6	500	324
7	600	383
8	700	442
9	800	501
10	900	560
11	1000	619
12	525	338

3.2.3. Proses Kalibrasi Batas Nilai Absorbansi

Pengambilan nilai batas absorbansi antara nilai batas minimum sampai dan nilai batas maksimum menggunakan metode yang hampir sama dengan proses kalibrasi sebelumnya. Batas nilai 0 menggunakan nilai piksel yang telah ditentukan, sedangkan batas nilai 1 menggunakan

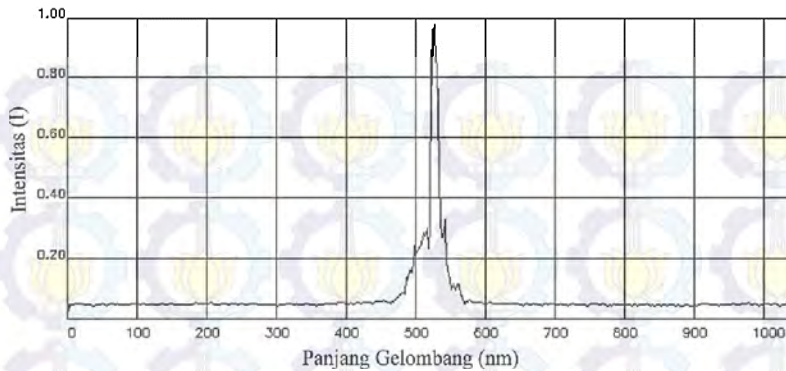
sumber cahaya yang *oversaturation* sehingga didapatkan nilai batas maksimum intensitas yang dapat diketahui. Wujud kalibrasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai intensitas ditampilkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Proses Kalibrasi Batas Nilai Intensitas

Berdasarkan kalibrasi di atas maka didapatkan batas intensitas minimum berada pada piksel (X,440), sedangkan batas intensitas maksimum didapatkan pada piksel (X,185). Berdasarkan batas intensitas tersebut maka nilai intensitas dari 0 sampai dengan 1 sebanding dengan nilai piksel ketinggian 440 sampai dengan 185.

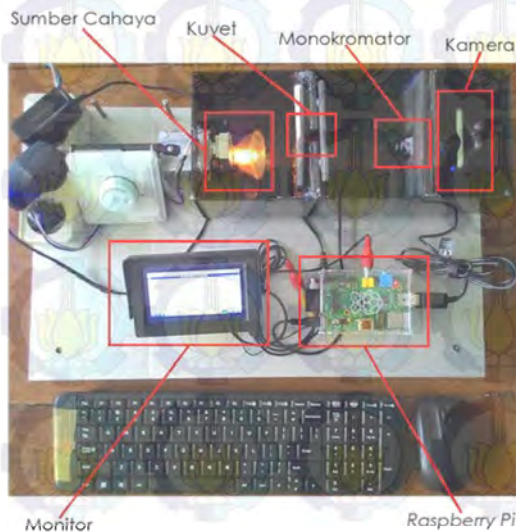
Tingkat absorbansi berbanding terbalik dengan tingkat intensitas. Jika nilai absorbansi semakin tinggi, maka intensitas cahaya yang terdeteksi semakin rendah. Grafik fungsi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan intensitas. Grafik fungsi panjang gelombang terhadap nilai intensitas yang dimunculkan setelah melalui proses kalibrasi dan penskalaan disajikan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Nilai Intensitas

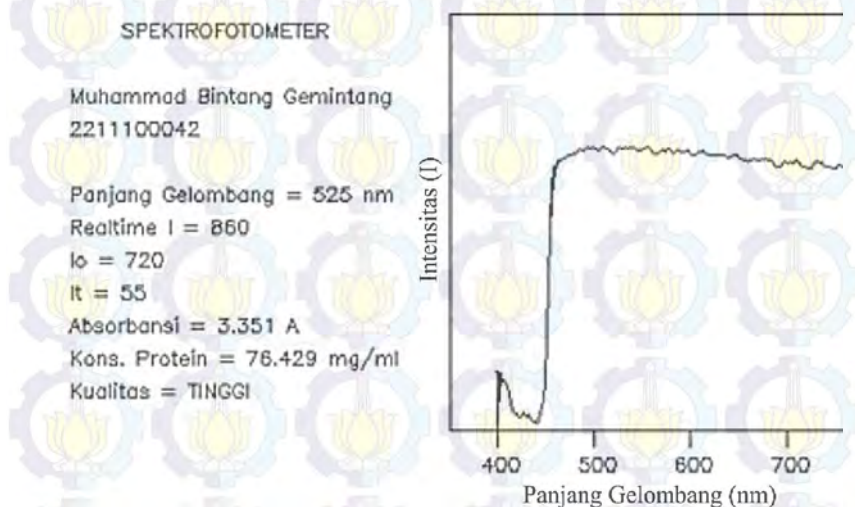
3.3. Hasil Akhir Desain Perancangan Sistem

Hasil akhir dari desain perancangan berupa sebuah sistem spektrofotometer yang metode sistemnya berbasis pengolahan citra dengan menggunakan *Raspberry Pi*[®] sebagai divais pemrosesan.



Gambar 3.12 Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

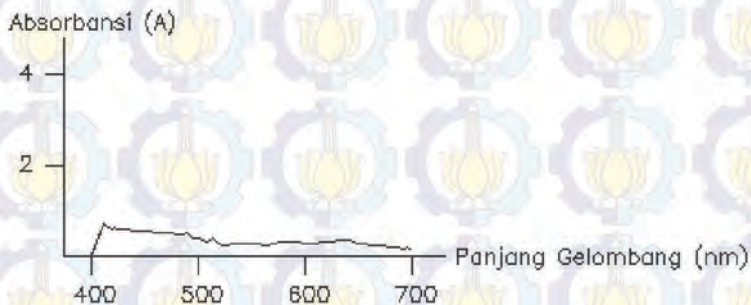
Hasil akhir desain perancangan sistem terdiri atas sumber cahaya, kuvet, monokromator, kamera, *Raspberry Pi*[®] dan monitor sesuai dengan desain perancangan sistem di awal bab ini.



Gambar 3.13 Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Intensitas dalam Program yang Ditampilkan

Nilai-nilai yang ditampilkan pada program adalah nilai pengukuran pada panjang gelombang yang digunakan untuk pengujian dan analisa, yaitu 525 nm. Grafik fungsi berjalan secara *realtime*, sehingga ada nilai intensitas *realtime* (Realtime I). I_o merupakan nilai intensitas blanko (intensitas cahaya mula-mula), sedangkan I_t merupakan nilai intensitas dari sampel yang diuji. Dari nilai I_o dan I_t yang disimpan, didapatkan nilai absorbansi dari rumus yang diterapkan oleh Lambert-Beer. Setelah muncul nilai absorbansi, dihitung nilai konsentrasi protein yang didapatkan berdasarkan rumusan yang didapat dari pembuatan kurva standar. Dari nilai konsentrasi protein didapatkan kadar protein dengan rumusan standar dari metode spektrofotometri biuret. Kualitas sampel air susu sapi perah yang diuji ditinjau dari klasifikasi yang didapatkan dari hasil pengujian. Untuk penggolongan klasifikasi terdapat 3 kelas/golongan, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Untuk grafik fungsi

absorbansi ditampilkan dalam grafik fungsi tersendiri, secara lengkap tersaji dalam Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Tampilan Grafik Fungsi Panjang Gelombang terhadap Absorbansi dalam Program yang Ditampilkan

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kinerja daripada sistem yang dirancang. Proses yang dilakukan terkait dengan pengujian sistem ini adalah pengukuran analitik. Tujuan pengukuran pada prinsipnya adalah untuk mencari nilai sebenarnya dari suatu parameter kuantitas kimiawi. Nilai sebenarnya adalah nilai yang mengkarakterisasi suatu kuantitas secara benar dan didefinisikan pada kondisi tertentu yang eksis pada saat kuantitas tersebut diukur. Beberapa contoh parameter yang dapat ditentukan secara analitik adalah konsentrasi, pH, temperatur, titik didih, kecepatan reaksi, dan lain lain. Pengukuran parameter-parameter ini sangat penting, karena data yang diperoleh nantinya tidak hanya sebagai ukuran angka-angka biasa namun juga baik kualitatif maupun kuantitatif dengan dapat menunjukkan nilai besaran yang sebenarnya [13].

Pengujian sistem spektrofotometer yang dirancang dilakukan dengan cara membandingkannya dengan spektrofotometer yang biasa digunakan di laboratorium. Salah satu spektrofotometer yang sering dipakai adalah *Spectro UV-Vis Dual Beam UVS-2700* dari *Labomed, Inc.* yang terdapat di Laboratorium Terpadu II Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Berikut spesifikasi dari spektrofotometernya:

- *Optical System* : *Dual Beam*
- *Wavelength Range* : 190 nm – 1100 nm
- *Spectral Bandwidth* : 1.0 nm
- *Wavelength Display* : 0.1 nm resolution
- *Stray Light* : $\leq 0.12\%T$ (220nm NaI, 340nm NaNO₂)
- *Wavelength Accuracy* : +0.3nm (with automatic wavelength correction)
- *Light Source* : *Socket Deuterium Lamp and Socket Tungsten Halogen Lamp*
- *Detector* : *Silicon photodiode*

Spektrofotometer di atas merupakan spektrofotometer acuan dalam penelitian ini yang digunakan sebagai pembanding dari sistem spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] yang dirancang dalam penelitian ini.

Metode yang digunakan untuk analisa pada bab ini adalah metode spektrofotometri biuret. Metode ini merupakan cara terbaik untuk menentukan kadar protein sampel. Prinsip penetapan protein metode Biuret adalah pada kondisi basa, Cu^{2+} membentuk kompleks dengan ikatan peptida ($-\text{CO}-\text{NH}-$) suatu protein menghasilkan warna ungu, sehingga kadar protein sampel dapat ditetapkan dengan spektrofotometer [18].

4.1. Pengujian Hasil Desain Perancangan Sistem Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisa absorbansi dari spektrofotometer hasil perancangan terhadap sampel dengan warna yang berbeda. Sampel yang digunakan sejumlah 4 warna, diantaranya warna merah, hijau, biru dan kuning (Gambar 4.1). Masing-masing sampel diambil data nilai absorbansinya untuk rentang panjang gelombang antara 400-700 nm (sesuai dengan spesifikasi spektrofotometer hasil perancangan).

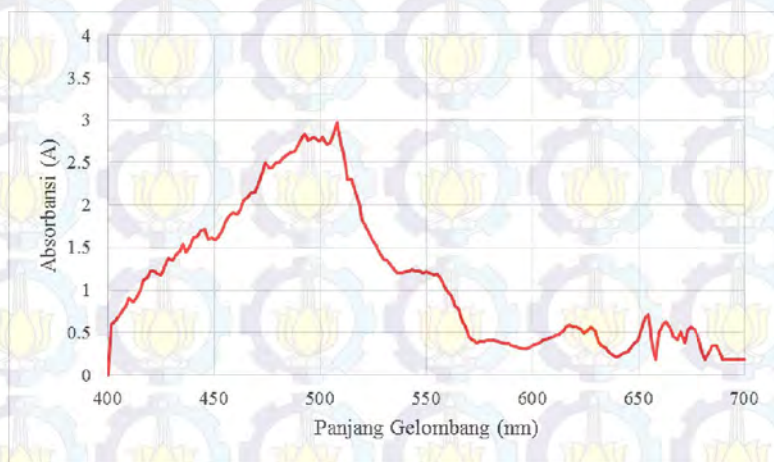


Gambar 4.1 Sampel untuk Pengujian dengan Warna yang Berbeda

4.1.1. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Merah

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna merah. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_0). Setelah itu diuji nilai intensitas dari

sampel warna merah untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log(I_t/I_o)$.



Gambar 4.2 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Merah

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 508 nm dengan nilai absorbansi sebesar 2.975339 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.1.2. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Hijau

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna hijau. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_o). Setelah itu diuji nilai intensitas dari sampel warna hijau untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log(I_t/I_o)$.



Gambar 4.3 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Hijau

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 435 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1.664643 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.1.3. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Biru

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna biru. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_0). Setelah itu diuji nilai intensitas dari sampel warna biru untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log (I_t/I_0)$.

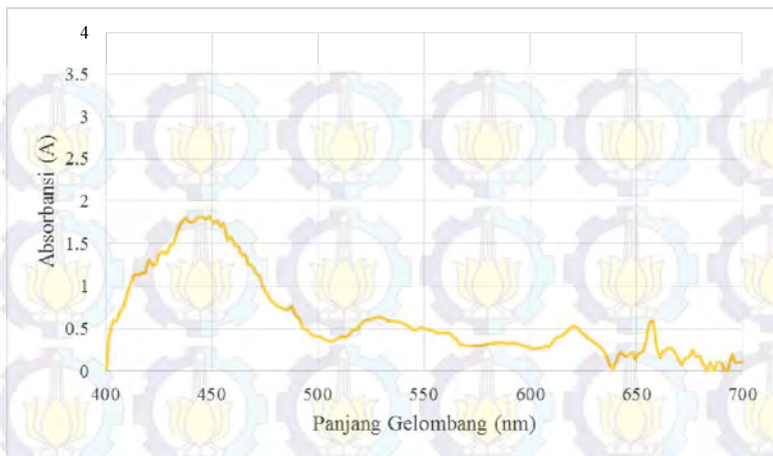


Gambar 4.4 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Biru

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 619 nm dengan nilai absorbansi sebesar 0.661122 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

4.1.4. Pengujian Absorbansi Sampel Warna Kuning

Pengujian dilakukan untuk menguji nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel warna kuning. Hal pertama yang dilakukan adalah menguji nilai intensitas dari blanko (aquades) yang digunakan sebagai nilai intensitas untuk referensi (I_o). Setelah itu diuji nilai intensitas dari sampel warna kuning untuk nilai intensitas sampel (I_t). Setelah itu nilai absorbansi didapatkan dari rumusan $A = -\log(I_t/I_o)$.



Gambar 4.5 Hasil Nilai Absorbansi Sampel Warna Kuning

Nilai absorbansi tertinggi didapatkan pada panjang gelombang 449 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1.824151 A. Untuk nilai absorbansi dari rentang panjang gelombang 400-700 nm secara lengkap terdapat pada lampiran.

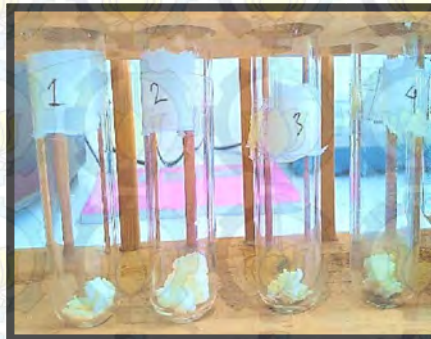
4.2. Pengujian Perbandingan Nilai Absorbansi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai absorbansi protein dari sampel susu sapi perah antara spektrofotometer acuan dengan spektrofotometer yang dirancang berdasarkan *Raspberry Pi*[®]. Pengujian dilakukan dengan menggunakan ulangan sebanyak 4 kali (pengujian dilakukan sejumlah 4 sampel dengan sampel yang sama). Untuk pengambilan nilai absorbansi dalam setiap ulangan sampel dilakukan 9 kali pengambilan nilai (Gambar 4.1). Metode yang digunakan untuk pengujian protein adalah metode spektrofotometri biuret, seperti yang telah dipaparkan di atas. Protein dari susu diisolasi terlebih dahulu dengan tujuan supaya nilai absorbansi yang didapat merepresentasikan nilai absorbansi protein yang sebenarnya.



Gambar 4.6 Sampel Susu untuk Pengujian Spektrofotometer

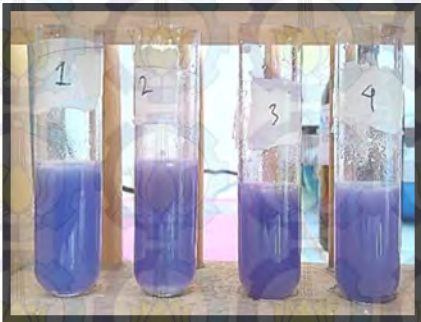
Sampel susu yang akan digunakan untuk pengujian dipanaskan dengan menggunakan heater dengan suhu 40°C dan diaduk dengan menggunakan *stirrer* sambil ditetesi larutan asam asetat glasial hingga protein susu terdenaturasi. Sampel kemudian disaring menggunakan kertas saring kasar untuk mendapatkan endapannya saja, supernatan berupa air hasil saring dibuang. Endapan yang didapatkan dari proses penyaringan dikeringanginkan (Gambar 4.2).



Gambar 4.7 Endapan Kering Protein Susu yang Terisolasi

Endapan yang kering tersebut dimasukkan kembali ke tabung reaksi, kemudian diberi aquades 1 ml dan diaduk rata supaya homogen. Proses

selanjutnya, larutan endapan protein diberi pereaksi biuret untuk selanjutnya diambil nilainya menggunakan spektrofotometer.



Gambar 4.8 Protein Terisolasi diberi Pereaksi Biuret

Proses pengisolasian protein ini dilakukan setiap hari sebelum pengecekan nilai absorbansi dengan menggunakan spektrofotometer. Sampel pengujian yang digunakan untuk hari kedua dan ketiga menggunakan sampel yang sama. Seluruh sampel disimpan dalam temperatur suhu ruang. Pengambilan data nilai absorbansi dilakukan ke alat A dan alat B. Alat A merupakan spektrofotometer acuan yang digunakan, sedangkan alat B merupakan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] yang dirancang dalam penelitian ini.

4.1.1. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 1

Nilai rata-rata absorbansi 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 3.238 A, sedangkan nilai rata-rata absorbansi yang didapatkan untuk alat B sebesar 3.144 A. Rincian data nilai absorbansi untuk hari 1 tersaji dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Nilai Absorbansi Hari 1

Ulangan	Alat A	Alat B
1	3.238	3.133
2	3.240	3.200
3	3.237	3.122
4	3.237	3.122
Rata-rata	3.238	3.144

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.1.2. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 2

Untuk data hari 2, nilai rata-rata absorbansi dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 3.087 A, sedangkan nilai rata-rata absorbansi yang didapatkan untuk alat B sebesar 3.084 A (Tabel 4.2).

Tabel 4.2 Data Nilai Absorbansi Hari 2

Ulangan	Alat A	Alat B
1	3.082	3.066
2	3.179	3.197
3	3.046	3.027
4	3.041	3.044
Rata-rata	3.087	3.084

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.1.3. Pengambilan Data Perbandingan Nilai Absorbansi Hari 3

Untuk data hari 3, nilai rata-rata absorbansi dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 1.559 A, sedangkan nilai rata-rata absorbansi yang didapatkan untuk alat B sebesar 1.495 A. Secara rinci data nilai absorbansi untuk hari 3 tersaji dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Nilai Absorbansi Hari 3

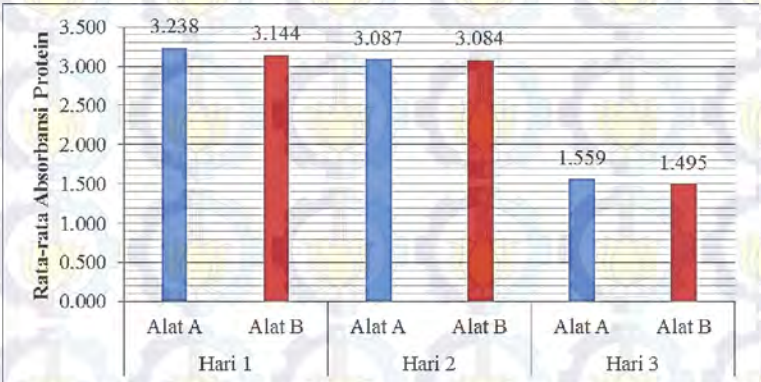
Ulangan	Alat A	Alat B
1	1.602	1.480
2	1.578	1.775
3	1.501	1.407
4	1.556	1.318
Rata-rata	1.559	1.495

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.1.4. Analisa terhadap Data Nilai Absorbansi

Berdasarkan pada data nilai absorbansi protein yang terkumpul dibuat diagram untuk membandingkan nilai absorbansi protein antara alat A dengan alat B dalam kurun waktu 3 hari (Gambar 4.4).



Gambar 4.9 Diagram Rata-rata Nilai Absorbansi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari

Lebih lanjut dilakukan uji statistik non parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov*. Uji statistik non parametrik dipilih karena jumlah ulangan sampel penelitian kurang dari lima sehingga potensi untuk mendapatkan data yang normal dan homogen rendah. Uji statistik non parametrik dilakukan untuk memberikan gambaran perbandingan spektrofotometer pada sampel penelitian pada hari 1, 2 dan 3.

Tabel 4.4 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Absorbansi Hari 1

Statistics ^a		Absorbansi
Most Extreme Differences	Absolute	1.000
	Positive	.000
	Negative	-1.000
Kolmogorov-Smirnov Z		1.414
Asymp. Sig. (2-tailed)		.037

a. Grouping Variable: Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A (spektrofotometer acuan) dan B (spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]) adalah $0.037 < 0.05$, yaitu H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan signifikan pada data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B.

Tabel 4.5 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Absorbansi Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Absorbansi
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.250
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.250
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.354
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		1.000

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B adalah $1.000 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B.

Tabel 4.6 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Absorbansi Hari 3

<i>Statistics^a</i>		Absorbansi
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.750
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.750
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.061
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.211

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.211 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai absorbansi dengan penggunaan alat A dan B.

4.3. Pengujian Perbandingan Nilai Konsentrasi Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

Konsentrasi protein diperlukan untuk mengetahui seberapa besar nilai konsentrasi protein dari sampel yang digunakan. Nilai konsentrasi protein dapat diketahui dengan cara membandingkannya dengan kurva standar.

4.2.1. Pembuatan Kurva Standar Uji Protein

Langkah awal pengujian dilakukan dengan pembuatan kurva standar uji protein. Kurva standar protein merupakan standar dari sampel protein yang dapat digunakan acuan untuk penentuan konsentrasi protein. Pembuatan kurva standar bertujuan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai absorbansinya sehingga konsentrasi sampel dapat diketahui. Terdapat dua metode untuk membuat kurva standar yakni dengan metode grafik dan metode *least square* [21].

Larutan protein standar menggunakan BSA (Bovine Serum Albumin). Tipe protein standar di atas merupakan tipe protein standar yang sudah umum untuk digunakan sebagai kurva standar. BSA ditimbang sampai dengan berat 10 mg, kemudian dilarutkan dengan aquades dengan volume 1 ml, sehingga didapatkan konsentrasi BSA sebesar 10 mg/ml. Aquades adalah air hasil destilasi/penyulingan. Air jenis ini sama dengan air murni atau H₂O karena hampir tidak mengandung mineral. Larutan konsentrasi BSA tadi kemudian dimasukkan ke dalam 4 tabung reaksi yang berbeda, yang nantinya dilarutkan dengan aquades dengan perbandingan yang berbeda supaya untuk mendapatkan nilai absorbansi secara linier. Konsentrasi yang digunakan untuk pembuatan kurva standar:

1. 0.0 mg/ml (0.00 ml BSA + 1.00 ml aquades)
2. 0.5 mg/ml (0.05 ml BSA + 0.95 ml aquades)
3. 1.0 mg/ml (0.10 ml BSA + 0.90 ml aquades)
4. 2.0 mg/ml (0.20 ml BSA + 0.80 ml aquades)
5. 4.0 mg/ml (0.40 ml BSA + 0.60 ml aquades)

Proses selanjutnya larutan reagen biuret ditambahkan ke dalam masing-masing tabung reaksi, kemudian didiamkan selama 30 menit dalam suhu ruang atau selama 10 menit pada suhu 37°C di inkubator

supaya hasil reaksi antara reagen biuret dengan larutan protein bisa sempurna. Pada Gambar 4.5 tersaji larutan protein standar BSA dengan konsentrasi yang berbeda setelah ditambahkan reagen biuret dan didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang.



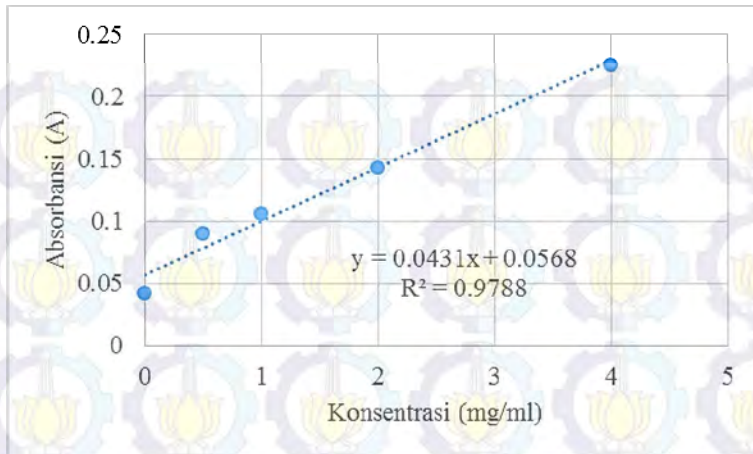
Gambar 4.10 Larutan Standar BSA dengan Konsentrasi 0.5-4 mg/ml

Masing-masing larutan dengan konsentrasi yang berbeda tersebut diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 525 nm. Rincian nilai absorbansi yang tersaji dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai Absorbansi dari Kurva Standar

No.	Konsentrasi BSA (mg/ml)	Absorbansi (A)
1	0 (blanko)	0.042
2	0.5	0.090
3	1	0.106
4	2	0.143
5	4	0.226

Berdasarkan data nilai absorbansi larutan standar BSA di atas, diolah data statistiknya sehingga didapatkan nilai regresi linier berupa grafik fungsi hubungan antara konsentrasi terhadap absorbansi. Grafik fungsi tersaji dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan antara Konsentrasi Protein dan Absorbansi pada BSA

Berdasarkan olahan data nilai absorbansi, didapatkan rumus nilai $y = 0.0431x + 0.0568$ dan $R^2 = 0.9788$. Variabel y merupakan besaran nilai absorbansi dalam satuan A, sedangkan x merupakan besaran nilai konsentrasi protein dalam satuan mg/ml. Nilai R^2 menunjukkan kekuatan korelasi atau hubungan antara variabel x dan y . Jika nilai R^2 semakin mendekati 1, maka antara variabel x dan y terdapat korelasi yang sangat kuat. Pada kurva standar di atas, nilai R^2 adalah 0.9788. Berdasarkan pada nilai tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tingkat korelasi antara variabel konsentrasi dan absorbansi sangat kuat, artinya nilai absorbansi benar-benar dapat digunakan untuk memprediksi nilai konsentrasi protein.

Nilai konsentrasi protein dari sampel susu diketahui dengan cara memasukkan nilai absorbansi ke dalam rumusan kurva standar di atas. Nilai absorbansi dari sampel susu disubstitusi ke dalam variabel y , sehingga didapatkan variabel x yang menunjukkan nilai konsentrasi protein.

4.2.2. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1

Nilai rata-rata konsentrasi protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 73.809 mg/ml, sedangkan nilai rata-rata

konsentrasi protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 71.704 mg/ml. Rincian data nilai konsentrasi protein untuk hari 1 tersaji dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 1

Ulangan	Alat A	Alat B
1	73.848	72.928
2	73.789	71.123
3	73.789	71.123
4	73.808	71.639
Rata-rata	73.809	71.704

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.2.3. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2

Nilai rata-rata konsentrasi protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 70.337 mg/ml, sedangkan nilai rata-rata konsentrasi protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 70.328 mg/ml. Rincian data nilai konsentrasi protein untuk hari 2 tersaji dalam tabel 4.9.

Tabel 4.9 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 2

Ulangan	Alat A	Alat B
1	72.433	72.868
2	69.365	68.905
3	69.239	69.314
4	70.309	70.225
Rata-rata	70.337	70.328

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*®

4.2.4. Perbandingan Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3

Nilai rata-rata konsentrasi protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 34.604 mg/ml, sedangkan nilai rata-rata konsentrasi protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 33.457 mg/ml. Rincian data nilai konsentrasi protein untuk hari 3 tersaji dalam tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Nilai Konsentrasi Protein Hari 3

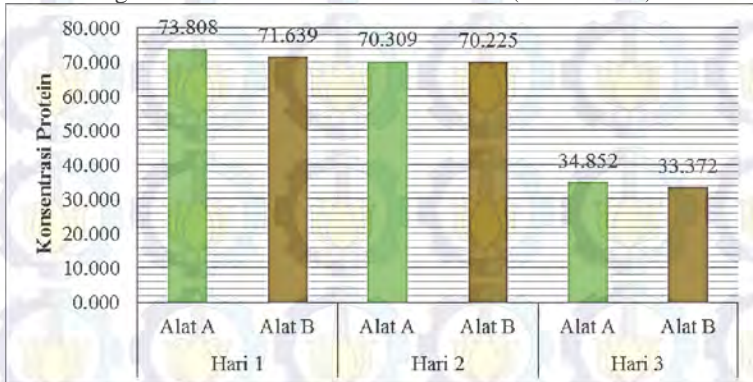
Ulangan	Alat A	Alat B
1	35.284	39.875
2	33.503	31.323
3	34.776	29.260
4	34.852	33.372
Rata-rata	34.604	33.457

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.2.5. Analisa terhadap Data Nilai Konsentrasi Protein

Berdasarkan pada data nilai konsentrasi protein yang terkumpul dibuat diagram untuk membandingkan nilai konsentrasi protein antara alat A dengan alat B dalam kurun waktu 3 hari (Gambar 4.7).



Gambar 4.12 Diagram Rata-rata Nilai Konsentrasi Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari

Lebih lanjut dilakukan uji beda nilai konsentrasi protein menggunakan uji statistik non parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* pada hari 1 (Tabel 4.11), hari 2 (Tabel 4.12) dan hari 3 (Tabel 4.13).

Tabel 4.11 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Konsentrasi Protein Hari 1

<i>Statistics^a</i>		Konsentrasi Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	1.000
	<i>Positive</i>	.000
	<i>Negative</i>	-1.000
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.414
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.037

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.037 < 0.05$, yaitu H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan signifikan nilai konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B.

Tabel 4.12 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Konsentrasi Protein Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Konsentrasi Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.250
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.250
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.354
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		1.000

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $1.000 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai konsentrasi protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

Tabel 4.13 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Konsentrasi Protein Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Konsentrasi Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.750
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.750
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.061
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.211

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data konsentrasi protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.211 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai konsentrasi protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

4.4. Pengujian Perbandingan Nilai Kadar Protein dalam Sampel Air Susu Sapi Perah antara Spektrofotometer Acuan dan Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]

Nilai kadar protein merupakan nilai standar yang digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi tingkat kadar protein yang terkandung di dalam sampel secara menyeluruh. Nilai minimum kadar protein untuk susu murni berdasarkan SNI adalah 3%. Nilai minimum SNI inilah yang akan digunakan sebagai acuan klasifikasi dari kualitas air susu sapi perah, dimana protein merupakan parameter yang dijadikan untuk penentuan tingkat klasifikasi. Nilai kadar protein dapat diketahui dengan rumus berikut ini.

$$\text{Protein (\%)} = \frac{FP \times V_{\text{akhir}} \text{ (ml)} \times \text{konsentrasi sampel}}{\text{berat sampel (gr)} \times 1000} \times 100\%$$

FP merupakan faktor pengenceran, dimana FP yang digunakan pada pengujian bernilai 1. V_{akhir} yang digunakan sebesar 5 ml untuk semua sampel yang diuji. Berat sampel yang didapat setelah pengeringan berkisar antara 3,4 sampai dengan 5 gram untuk setiap sampel yang diuji. Konsentrasi sampel didapatkan dari pengujian sebelumnya.

4.3.1. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 1

Nilai rata-rata kadar protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 0.109 atau 10.9%, sedangkan nilai rata-rata kadar protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 0.105 atau 10.5%. Secara rinci data nilai kadar protein untuk hari 1 tersaji dalam tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data Nilai Kadar Protein Hari 1

Ulangan	Alat A	Alat B
1	0.109	0.107
2	0.109	0.105
3	0.109	0.105
4	0.109	0.105
Rata-rata	0.109	0.105

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.3.2. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 2

Nilai rata-rata kadar protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 0.103 atau 10.3%, sedangkan nilai rata-rata kadar protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 0.103 atau 10.3%. Secara rinci data nilai kadar protein untuk hari 2 tersaji dalam tabel 4.15.

Tabel 4.15 Data Nilai Kadar Protein Hari 2

Ulangan	Alat A	Alat B
1	0.107	0.107
2	0.102	0.101
3	0.102	0.102
4	0.103	0.103
Rata-rata	0.103	0.103

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.3.3. Perbandingan Data Nilai Kadar Protein Hari 3

Nilai rata-rata kadar protein dari 4 sampel ulangan yang didapatkan untuk alat A sebesar 0.051 atau 5.1%, sedangkan nilai rata-rata kadar protein yang didapatkan untuk alat B sebesar 0.049 atau 4.9%. Secara rinci data nilai kadar protein untuk hari 3 tersaji dalam tabel 4.16.

Tabel 4.16 Data Nilai Kadar Protein Hari 3

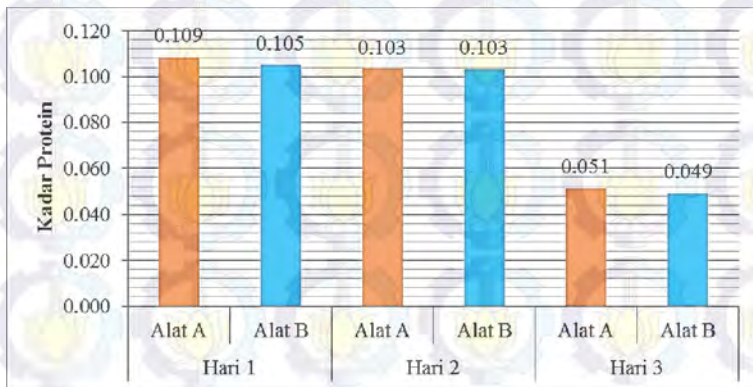
Ulangan	Alat A	Alat B
1	0.052	0.059
2	0.049	0.046
3	0.051	0.043
4	0.051	0.049
Rata-rata	0.051	0.049

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

4.3.4. Analisa terhadap Data Nilai Kadar Protein

Berdasarkan pada data nilai kadar protein yang terkumpul dibuat diagram untuk membandingkan nilai kadar protein antara alat A dengan alat B dalam kurun waktu 3 hari (Gambar 4.8).



Gambar 4.13 Diagram Rata-rata Nilai Kadar Protein pada Alat A (Spektrofotometer Acuan) dan Alat B (Spektrofotometer Berbasis *Raspberry Pi*[®]) dalam Kurun Waktu 3 Hari

Lebih lanjut dilakukan uji beda nilai konsentrasi protein menggunakan uji statistik non parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* pada hari 1 (Tabel 4.17), hari 2 (Tabel 4.18) dan hari 3 (Tabel 4.19).

Tabel 4.17 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Kadar Protein Hari 1

<i>Statistics^a</i>		Kadar Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	1.000
	<i>Positive</i>	.000
	<i>Negative</i>	-1.000
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		1.414
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.037

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data kadar protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.037 < 0.05$, yaitu H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan signifikan pada nilai kadar protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

Tabel 4.18 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Kadar Protein Hari 2

<i>Statistics^a</i>		Kadar Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.250
	<i>Positive</i>	.000
	<i>Negative</i>	-.250
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.354
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		1.000

a. *Grouping Variable:* Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data kadar protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $1.000 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai kadar protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

Tabel 4.19 Uji Statistik Non Parametrik *Two-Sample Kolmogorov-Smirnov* Kadar Protein Hari 3

<i>Statistics^a</i>		Kadar Protein
<i>Most Extreme Differences</i>	<i>Absolute</i>	.500
	<i>Positive</i>	.250
	<i>Negative</i>	-.500
<i>Kolmogorov-Smirnov Z</i>		.707
<i>Asymp. Sig. (2-tailed)</i>		.699

a. *Grouping Variable*: Alat

Berdasarkan uji statistik di atas, diketahui bahwa signifikansi data kadar protein dengan penggunaan alat A dan B adalah $0.699 > 0.05$, yaitu H_0 diterima dan H_1 ditolak sehingga dapat dipahami bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pada nilai kadar protein yang dideteksi menggunakan alat A dan B.

4.5. Klasifikasi Kualitas Air Susu Sapi Perah

Tujuan perancangan spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] adalah untuk mengklasifikasikan kualitas air susu sapi perah. Penentuan klasifikasi kualitas susu dilakukan dengan pendekatan uji statistik non parametrik *Kruskal Wallis* untuk jumlah kelompok sampel penelitian lebih dari dua yang tidak saling berkaitan. Pada ruang lingkup penelitian ini kelompok sampel penelitian tersebut adalah hari 1, hari 2 dan hari 3.

Tabel 4.20 Uji Statistik Non Parametrik *Kruskal Wallis* Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B

<i>Test Statistics^{a,b}</i>	Kadar Protein Alat A	Kadar Protein Alat B
<i>Chi-Square</i>	10.277	8.309
<i>df</i>	2	2
<i>Asymp. Sig.</i>	.006	.016

a. *Kruskal Wallis Test*

b. *Grouping Variable*: Hari

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

Berdasarkan pada uji statistik non parametrik *Kruskal Wallis* diketahui bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada kadar protein antara hari 1, 2 dan 3 dengan menggunakan spektrofotometer berbasis

Raspberry Pi[®] (Tabel 4.20). Perbedaan yang signifikan tersebut senada dengan pengujian menggunakan spektrofotometer acuan. Berdasarkan pada kesamaan hasil uji statistik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] dapat berfungsi dengan keakuratan yang secara signifikan setara dengan spektrofotometer acuan. Pengujian statistik non parametrik di atas dipertegas dengan klasifikasi kadar protein berdasarkan peringkat nilai tengah (*mean ranks*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah per Hari menggunakan Alat A dan B

Hari	N	Mean Rank Alat A	Notasi Klasifikasi	Mean Rank Alat B	Notasi Klasifikasi
1	4	10.50	a	9.63	a
2	4	6.50	b	7.38	b
3	4	2.50	c	2.50	c
Total	12				

Alat A = Spektrofotometer acuan

Alat B = Spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®]

Berdasarkan pada Tabel 4.21, dapat disimpulkan adanya perbedaan kadar protein air susu sapi perah antara hari ke 1, 2 dan 3. Klasifikasi kadar protein berdasarkan nilai tengah spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] menunjukkan notasi a, b dan c. Perbedaan notasi menunjukkan perbedaan signifikan kadar protein pada hari ke 1, 2 dan 3. Secara berturut-turut kadar protein hari pertama menunjukkan nilai tengah kadar protein yang tertinggi dengan pemberian notasi a, berikutnya adalah kadar protein hari kedua dengan pemberian notasi b dan kadar protein hari ketiga menunjukkan nilai tengah kadar protein yang terendah dengan pemberian notasi c. Keberadaan notasi klasifikasi pada spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] konsisten dengan kadar protein yang ditunjukkan oleh spektrofotometer acuan, sehingga spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] memiliki keakuratan yang sama dengan spektrofotometer acuan.

Berdasarkan pada nilai tengah yang menjadi dasar pemberian notasi klasifikasi dapat disimpulkan bahwa notasi a menunjuk pada air susu sapi perah berkualitas baik, notasi b menunjuk pada air susu sapi perah berkualitas sedang dan notasi menunjuk pada air susu sapi perah berkualitas rendah. secara berurutan, kualitas air susu sapi perah

mengalami penurunan kualitas secara bertahap pada hari 1 (kondisi segar), hari 2 (penyimpanan 24 jam pada suhu ruang) dan hari 3 (penyimpanan 48 jam pada suhu ruang). Untuk klasifikasi kualitas air susu sapi perah, dari *mean rank* dan notasi a, b dan c dapat diambil 3 tingkatan klasifikasi:

Tabel 4.22 Tingkat Klasifikasi Kadar Protein Air Susu Sapi Perah

No.	Tingkat Klasifikasi	Kadar Protein
1	Kualitas Rendah	0.00% – 2.50%
2	Kualitas Sedang	2.51% – 7.38%
3	Kualitas Tinggi	7.39% – 9.63%

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Klasifikasi kualitas air susu sapi dapat ditinjau dengan menggunakan parameter kadar protein per hari. Hal ini telah dibuktikan dari hasil pengujian bahwa tingkat kadar protein dari hari 1, 2 dan 3 semakin menurun. Desain sistem spektrofotometer yang dirancang dapat dikategorikan dalam jenis spektrofotometer *Visible*. Sumber cahaya yang digunakan untuk sistem ini adalah lampu *tungsten halogen* dengan spesifikasi rentang panjang gelombang antara 400-700 nm. Perancangan sistem spektrofotometer yang hanya menggunakan rentang panjang gelombang sumber cahaya tampak ini didasari oleh penggunaan metode spektrofotometri biuret, dimana metode ini menggunakan nilai absorbansi di panjang gelombang sekitar 525 nm karena reaksi biuret yang menghasilkan perubahan warna ungu terhadap sampel. Hasil yang didapatkan dari pengujian spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] mempunyai error rata-rata sebesar 2.366%. Klasifikasi kualitas air susu sapi perah menghasilkan 3 tingkatan klasifikasi, yaitu air susu sapi perah dengan kadar protein 0% – 2.5% menunjukkan kualitas rendah, 2.51% – 7.38% menunjukkan kualitas sedang dan 7.39% – 9.63% menunjukkan kualitas tinggi. Berdasarkan dari hasil pengujian dan analisa, sistem spektrofotometer hasil perancangan memiliki kelebihan dalam hal *scanning* seluruh panjang gelombang (400-700 nm) secara *realtime*, pembacaan nilai absorbansi yang lebih cepat, lebih praktis dan harganya jauh lebih murah. Namun dalam hal spesifikasi masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya panjang gelombang yang dapat digunakan hanya berkisar pada spektrum tampak (dibandingkan dengan spektrofotometer standar yang dapat menganalisa panjang gelombang dari 200-1100 nm) dan untuk pembacaan nilai absorbansi yang rendah (mendekati 0 A) mempunyai error yang relatif tinggi.

5.2. Saran

1. Parameter yang digunakan untuk klasifikasi kualitas air susu sapi perah pada penelitian ini masih terbatas pada kadar protein saja, maka untuk pengembangan berikutnya disarankan untuk menguji spektrofotometer berbasis *Raspberry Pi*[®] dengan menggunakan parameter lain, misalnya kalsium dan laktosa.

2. Sistem ini hanya masih diuji untuk klasifikasi pada sampel air susu sapi perah. Pada pengembangan berikutnya disarankan dilakukan analisa perbedaan antara air susu sapi perah dengan air susu lainnya, misalnya susu kambing, susu kedelai, susu jagung dan jenis-jenis susu olahan.
3. *Interface* monitor LCD dapat diganti dengan LCD berbasis sistem *touchscreen* supaya lebih praktis dan efisien.

LAMPIRAN

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	55	35	0.588884
3	267	403.37079	90	55	0.641639
4	268	405.05618	110	65	0.685438
5	269	406.74157	125	70	0.755436
6	270	408.42697	130	70	0.806536
7	271	410.11236	140	70	0.90309
8	272	411.79775	135	70	0.855707
9	273	413.48315	150	75	0.90309
10	274	415.16854	150	70	0.99298
11	275	416.85393	165	70	1.117158
12	276	418.53933	170	70	1.156053
13	277	420.22472	180	70	1.230523
14	278	421.91011	180	70	1.230523
15	279	423.59551	200	80	1.19382
16	280	425.2809	210	85	1.178401
17	281	426.96629	230	85	1.296927
18	282	428.65169	230	80	1.375914
19	283	430.33708	255	90	1.356893
20	284	432.02247	265	90	1.40701
21	285	433.70787	275	90	1.455271
22	286	435.39326	275	85	1.529741
23	287	437.07865	290	95	1.454023
24	288	438.76404	290	90	1.524466
25	289	440.44944	310	90	1.611358
26	290	442.13483	315	90	1.632204

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
27	291	443.82022	330	90	1.692814
28	292	445.50562	335	90	1.712407
29	293	447.19101	340	100	1.594437
30	294	448.8764	345	100	1.613457
31	295	450.5618	355	105	1.587117
32	296	452.24719	365	105	1.623311
33	297	453.93258	390	105	1.709626
34	298	455.61798	400	100	1.80618
35	299	457.30337	400	95	1.873009
36	300	458.98876	410	95	1.905181
37	301	460.67416	405	95	1.889194
38	302	462.35955	420	95	1.936577
39	303	464.04494	435	90	2.05274
40	304	465.73034	445	90	2.082353
41	305	467.41573	440	85	2.142101
42	306	469.10112	470	90	2.153566
43	307	470.78652	500	90	2.234182
44	308	472.47191	525	85	2.372221
45	309	474.1573	540	80	2.487911
46	310	475.8427	550	85	2.432831
47	311	477.52809	555	85	2.444622
48	312	479.21348	575	85	2.490747
49	313	480.89888	580	85	2.502027
50	314	482.58427	605	85	2.557009
51	315	484.26966	620	85	2.588918
52	316	485.95506	630	85	2.609765
53	317	487.64045	640	85	2.630283
54	318	489.32584	670	85	2.689968

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
55	319	491.01124	680	80	2.788257
56	320	492.69663	705	80	2.835297
57	321	494.38202	710	85	2.765518
58	322	496.06742	725	85	2.792757
59	323	497.75281	720	85	2.783741
60	324	499.4382	740	90	2.744968
61	325	501.1236	730	85	2.801712
62	326	502.80899	760	95	2.70927
63	327	504.49438	770	95	2.726301
64	328	506.17978	780	90	2.813556
65	329	507.86517	785	80	2.975339
66	330	509.55056	790	95	2.75971
67	331	511.23596	780	110	2.552106
68	332	512.92135	785	135	2.293608
69	333	514.60674	790	135	2.30188
70	334	516.29213	820	155	2.170446
71	335	517.97753	830	175	2.02812
72	336	519.66292	870	215	1.821242
73	337	521.34831	905	235	1.756742
74	338	523.03371	945	265	1.656558
75	339	524.7191	965	285	1.589047
76	340	526.40449	985	310	1.506224
77	341	528.08989	995	330	1.437927
78	342	529.77528	1010	355	1.362279
79	343	531.46067	1025	365	1.345293
80	344	533.14607	1040	385	1.294718
81	345	534.83146	1050	405	1.241203
82	346	536.51685	1060	420	1.20617

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
82	346	536.51685	1060	420	1.20617
83	347	538.20225	1070	425	1.202985
84	348	539.88764	1085	425	1.221122
85	349	541.57303	1095	425	1.233076
86	350	543.25843	1100	425	1.239011
87	351	544.94382	1090	425	1.227113
88	352	546.62921	1105	430	1.229681
89	353	548.31461	1100	435	1.20871
90	354	550	1110	435	1.220501
91	355	551.68539	1105	440	1.199729
92	356	553.37079	1115	450	1.182187
93	357	555.05618	1125	450	1.19382
94	358	556.74157	1140	480	1.126991
95	359	558.42697	1150	515	1.046672
96	360	560.11236	1160	550	0.972286
97	361	561.79775	1155	565	0.931601
98	362	563.48315	1155	615	0.821121
99	363	565.16854	1150	635	0.773772
100	364	566.85393	1150	705	0.637526
101	365	568.53933	1160	760	0.550933
102	366	570.22472	1165	830	0.441743
103	367	571.91011	1180	865	0.404598
104	368	573.59551	1190	885	0.385811
105	369	575.2809	1205	895	0.387492
106	370	576.96629	1215	895	0.39826
107	371	578.65169	1220	895	0.40361
108	372	580.33708	1220	895	0.40361
109	373	582.02247	1220	895	0.40361

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
110	374	583.70787	1210	895	0.392887
111	375	585.39326	1195	895	0.376635
112	376	587.07865	1190	895	0.371172
113	377	588.76404	1185	895	0.365686
114	378	590.44944	1170	895	0.349088
115	379	592.13483	1155	895	0.332277
116	380	593.82022	1145	895	0.320947
117	381	595.50562	1135	895	0.309518
118	382	597.19101	1125	885	0.312628
119	383	598.8764	1110	860	0.332474
120	384	600.5618	1095	835	0.353183
121	385	602.24719	1075	810	0.36877
122	386	603.93258	1065	790	0.389168
123	387	605.61798	1055	765	0.418773
124	388	607.30337	1040	745	0.434631
125	389	608.98876	1025	730	0.442203
126	390	610.67416	1015	710	0.465623
127	391	612.35955	1005	695	0.480544
128	392	614.04494	1005	675	0.518587
129	393	615.73034	1010	655	0.56424
130	394	617.41573	1005	640	0.587958
131	395	619.10112	980	635	0.565357
132	396	620.78652	950	615	0.566545
133	397	622.47191	900	595	0.539177
134	398	624.1573	855	585	0.494431
135	399	625.8427	820	545	0.532252
136	400	627.52809	780	505	0.56641
137	401	629.21348	735	495	0.515046

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
138	402	630.89888	670	495	0.394409
139	403	632.58427	625	480	0.343916
140	404	634.26966	600	470	0.31816
141	405	635.95506	570	465	0.265266
142	406	637.64045	530	445	0.227748
143	407	639.32584	510	435	0.207243
144	408	641.01124	500	420	0.227162
145	409	642.69663	480	395	0.253932
146	410	644.38202	455	370	0.269429
147	411	646.06742	420	330	0.314206
148	412	647.75281	390	295	0.363728
149	413	649.4382	360	265	0.39917
150	414	651.1236	330	220	0.528274
151	415	652.80899	285	170	0.673188
152	416	654.49438	225	130	0.714717
153	417	656.17978	180	140	0.327433
154	418	657.86517	150	130	0.186444
155	419	659.55056	160	110	0.488182
156	420	661.23596	150	95	0.595103
157	421	662.92135	145	90	0.621376
158	422	664.60674	130	85	0.553573
159	423	666.29213	120	85	0.449287
160	424	667.97753	110	80	0.414908
161	425	669.66292	110	75	0.498994
162	426	671.34831	100	75	0.374816
163	427	673.03371	105	70	0.528274
164	428	674.7191	100	65	0.56126
165	429	676.40449	90	60	0.528274

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Merah:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
166	430	678.08989	85	60	0.453803
167	431	679.77528	80	65	0.27053
168	432	681.46067	75	65	0.186444
169	433	683.14607	80	65	0.27053
170	434	684.83146	85	65	0.349517
171	435	686.51685	85	65	0.349517
172	436	688.20225	80	65	0.27053
173	437	689.88764	75	65	0.186444
174	438	691.57303	75	65	0.186444
175	439	693.25843	75	65	0.186444
176	440	694.94382	75	65	0.186444
177	441	696.62921	75	65	0.186444
178	442	700	75	65	0.186444

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	60	45	0.374816
3	267	403.37079	100	70	0.464706
4	268	405.05618	120	80	0.528274
5	269	406.74157	130	80	0.63256
6	270	408.42697	135	80	0.681731
7	271	410.11236	150	80	0.819004
8	272	411.79775	150	75	0.90309
9	273	413.48315	160	75	0.987176
10	274	415.16854	160	75	0.987176
11	275	416.85393	175	75	1.10393
12	276	418.53933	185	80	1.092245
13	277	420.22472	200	80	1.19382
14	278	421.91011	205	80	1.225992
15	279	423.59551	225	80	1.347278
16	280	425.2809	225	80	1.347278
17	281	426.96629	240	80	1.431364
18	282	428.65169	250	80	1.48455
19	283	430.33708	270	85	1.505835
20	284	432.02247	280	85	1.553217
21	285	433.70787	300	85	1.643107
22	286	435.39326	305	85	1.664643
23	287	437.07865	315	95	1.561761
24	288	438.76404	320	95	1.582279
25	289	440.44944	330	100	1.555542
26	290	442.13483	335	100	1.575134
27	291	443.82022	350	105	1.568636
28	292	445.50562	355	105	1.587117

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
29	293	447.19101	370	120	1.467061
30	294	448.8764	375	125	1.431364
31	295	450.5618	385	140	1.317998
32	296	452.24719	395	140	1.351407
33	297	453.93258	395	155	1.218796
34	298	455.61798	400	155	1.235185
35	299	457.30337	410	170	1.147005
36	300	458.98876	420	175	1.140634
37	301	460.67416	445	190	1.108819
38	302	462.35955	450	200	1.056548
39	303	464.04494	440	215	0.933043
40	304	465.73034	465	220	0.975091
41	305	467.41573	490	255	0.850968
42	306	469.10112	505	275	0.791876
43	307	470.78652	515	300	0.704058
44	308	472.47191	535	315	0.69013
45	309	474.1573	555	340	0.638442
46	310	475.8427	570	360	0.598717
47	311	477.52809	590	380	0.573205
48	312	479.21348	605	395	0.555475
49	313	480.89888	605	405	0.522901
50	314	482.58427	625	430	0.487235
51	315	484.26966	645	450	0.469042
52	316	485.95506	665	485	0.41124
53	317	487.64045	680	500	0.400617
54	318	489.32584	705	540	0.347386
55	319	491.01124	725	550	0.359926
56	320	492.69663	745	585	0.315001

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
57	321	494.38202	755	600	0.299387
58	322	496.06742	770	630	0.261451
59	323	497.75281	760	640	0.223901
60	324	499.4382	790	650	0.254141
61	325	501.1236	815	645	0.304794
62	326	502.80899	830	660	0.298602
63	327	504.49438	820	650	0.302701
64	328	506.17978	810	670	0.247231
65	329	507.86517	800	665	0.240805
66	330	509.55056	820	680	0.243915
67	331	511.23596	830	670	0.27901
68	332	512.92135	875	665	0.357559
69	333	514.60674	895	670	0.377245
70	334	516.29213	935	680	0.414908
71	335	517.97753	950	670	0.454946
72	336	519.66292	985	690	0.463761
73	337	521.34831	1000	705	0.455433
74	338	523.03371	1025	725	0.451158
75	339	524.7191	1050	735	0.464706
76	340	526.40449	1075	750	0.469042
77	341	528.08989	1085	745	0.48982
78	342	529.77528	1100	760	0.481737
79	343	531.46067	1115	770	0.482352
80	344	533.14607	1135	780	0.488704
81	345	534.83146	1150	795	0.480992
82	346	536.51685	1160	810	0.467919
83	347	538.20225	1150	820	0.440652
84	348	539.88764	1165	830	0.441743

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
85	349	541.57303	1165	825	0.449616
86	350	543.25843	1175	835	0.445054
87	351	544.94382	1165	830	0.441743
88	352	546.62921	1175	840	0.437276
89	353	548.31461	1175	835	0.445054
90	354	550	1175	855	0.414215
91	355	551.68539	1165	865	0.387929
92	356	553.37079	1175	875	0.384089
93	357	555.05618	1180	870	0.397088
94	358	556.74157	1180	885	0.374816
95	359	558.42697	1190	880	0.393193
96	360	560.11236	1190	895	0.371172
97	361	561.79775	1185	885	0.380325
98	362	563.48315	1180	925	0.317221
99	363	565.16854	1175	935	0.297679
100	364	566.85393	1175	960	0.2633
101	365	568.53933	1205	970	0.282646
102	366	570.22472	1220	975	0.292066
103	367	571.91011	1235	995	0.281532
104	368	573.59551	1240	1000	0.280265
105	369	575.2809	1260	995	0.307642
106	370	576.96629	1265	995	0.312802
107	371	578.65169	1265	1005	0.299773
108	372	580.33708	1260	1005	0.294613
109	373	582.02247	1250	1005	0.284232
110	374	583.70787	1255	1005	0.289433
111	375	585.39326	1255	1005	0.289433
112	376	587.07865	1250	980	0.317052

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
113	377	588.76404	1240	955	0.340255
114	378	590.44944	1225	935	0.351973
115	379	592.13483	1205	915	0.358698
116	380	593.82022	1195	910	0.35498
117	381	595.50562	1180	905	0.3457
118	382	597.19101	1160	900	0.330646
119	383	598.8764	1135	895	0.309518
120	384	600.5618	1115	895	0.286355
121	385	602.24719	1090	890	0.264109
122	386	603.93258	1080	880	0.266823
123	387	605.61798	1070	875	0.262127
124	388	607.30337	1070	850	0.299895
125	389	608.98876	1070	825	0.338789
126	390	610.67416	1050	790	0.370687
127	391	612.35955	1025	770	0.372699
128	392	614.04494	1020	735	0.426938
129	393	615.73034	1010	700	0.47767
130	394	617.41573	1005	685	0.499426
131	395	619.10112	990	660	0.528274
132	396	620.78652	970	635	0.551994
133	397	622.47191	935	630	0.514413
134	398	624.1573	885	605	0.495564
135	399	625.8427	835	565	0.508914
136	400	627.52809	780	545	0.467094
137	401	629.21348	725	520	0.433004
138	402	630.89888	685	495	0.423256
139	403	632.58427	655	495	0.364908
140	404	634.26966	615	495	0.28281

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
141	405	635.95506	580	470	0.27399
142	406	637.64045	540	455	0.223147
143	407	639.32584	510	440	0.192352
144	408	641.01124	495	430	0.18341
145	409	642.69663	475	405	0.207716
146	410	644.38202	450	375	0.237544
147	411	646.06742	415	340	0.259708
148	412	647.75281	385	305	0.303483
149	413	649.4382	345	270	0.319366
150	414	651.1236	305	225	0.396352
151	415	652.80899	255	175	0.490506
152	416	654.49438	210	130	0.624828
153	417	656.17978	215	120	0.759772
154	418	657.86517	185	110	0.677337
155	419	659.55056	150	110	0.404096
156	420	661.23596	130	95	0.408659
157	421	662.92135	125	90	0.428003
158	422	664.60674	110	85	0.335921
159	423	666.29213	105	85	0.275311
160	424	667.97753	100	85	0.211743
161	425	669.66292	100	80	0.29073
162	426	671.34831	95	75	0.307987
163	427	673.03371	90	75	0.237544
164	428	674.7191	80	70	0.173976
165	429	676.40449	80	70	0.173976
166	430	678.08989	75	75	0
167	431	679.77528	80	75	0.084086
168	432	681.46067	75	70	0.08989

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Hijau:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
169	433	683.14607	75	70	0.08989
170	434	684.83146	75	70	0.08989
171	435	686.51685	75	70	0.08989
172	436	688.20225	70	70	0
173	437	689.88764	70	65	0.096554
174	438	691.57303	70	70	0
175	439	693.25843	70	70	0
176	440	694.94382	70	70	0
177	441	696.62921	65	70	-0.096554
178	442	700	65	65	0

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	60	40	0.528274
3	267	403.37079	95	65	0.494431
4	268	405.05618	115	80	0.472824
5	269	406.74157	130	90	0.479103
6	270	408.42697	140	90	0.575657
7	271	410.11236	155	100	0.570995
8	272	411.79775	155	100	0.570995
9	273	413.48315	170	110	0.567169
10	274	415.16854	170	115	0.509253
11	275	416.85393	185	125	0.510785
12	276	418.53933	185	130	0.459685
13	277	420.22472	200	145	0.418986
14	278	421.91011	205	140	0.496877
15	279	423.59551	220	165	0.374816
16	280	425.2809	230	175	0.356069
17	281	426.96629	245	195	0.297394
18	282	428.65169	250	195	0.323716
19	283	430.33708	265	210	0.30308
20	284	432.02247	270	210	0.327433
21	285	433.70787	285	230	0.279351
22	286	435.39326	290	240	0.24656
23	287	437.07865	305	265	0.183162
24	288	438.76404	310	270	0.179994
25	289	440.44944	335	285	0.2106
26	290	442.13483	345	295	0.203991
27	291	443.82022	355	310	0.1766
28	292	445.50562	360	315	0.173976

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
29	293	447.19101	365	325	0.151229
30	294	448.8764	370	325	0.168955
31	295	450.5618	385	335	0.181248
32	296	452.24719	395	340	0.195355
33	297	453.93258	410	355	0.187667
34	298	455.61798	420	365	0.182869
35	299	457.30337	425	375	0.163073
36	300	458.98876	435	385	0.159086
37	301	460.67416	445	390	0.171886
38	302	462.35955	455	400	0.167854
39	303	464.04494	465	410	0.164007
40	304	465.73034	475	425	0.144914
41	305	467.41573	485	435	0.141757
42	306	469.10112	510	450	0.163073
43	307	470.78652	530	455	0.198793
44	308	472.47191	550	470	0.204794
45	309	474.1573	565	485	0.19892
46	310	475.8427	580	495	0.206468
47	311	477.52809	590	505	0.202682
48	312	479.21348	605	505	0.235392
49	313	480.89888	615	490	0.296037
50	314	482.58427	635	510	0.285611
51	315	484.26966	655	535	0.263663
52	316	485.95506	680	570	0.229902
53	317	487.64045	695	580	0.23567
54	318	489.32584	715	605	0.217652
55	319	491.01124	730	605	0.244702
56	320	492.69663	750	635	0.216863

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
57	321	494.38202	755	640	0.215301
58	322	496.06742	780	660	0.217652
59	323	497.75281	775	655	0.219181
60	324	499.4382	805	675	0.229476
61	325	501.1236	820	680	0.243915
62	326	502.80899	815	685	0.226401
63	327	504.49438	795	670	0.222877
64	328	506.17978	795	675	0.21319
65	329	507.86517	790	665	0.224416
66	330	509.55056	815	675	0.245562
67	331	511.23596	835	670	0.286835
68	332	512.92135	875	650	0.387284
69	333	514.60674	885	630	0.442808
70	334	516.29213	910	645	0.448445
71	335	517.97753	925	660	0.439793
72	336	519.66292	970	675	0.472404
73	337	521.34831	1000	685	0.492928
74	338	523.03371	1025	705	0.487604
75	339	524.7191	1045	720	0.485351
76	340	526.40449	1065	735	0.483187
77	341	528.08989	1085	745	0.48982
78	342	529.77528	1100	750	0.498994
79	343	531.46067	1105	750	0.504903
80	344	533.14607	1120	765	0.49667
81	345	534.83146	1130	760	0.516795
82	346	536.51685	1145	770	0.516944
83	347	538.20225	1145	770	0.516944
84	348	539.88764	1150	785	0.497485

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
85	349	541.57303	1140	785	0.486106
86	350	543.25843	1145	795	0.475315
87	351	544.94382	1140	790	0.477833
88	352	546.62921	1155	800	0.478476
89	353	548.31461	1160	795	0.492273
90	354	550	1165	800	0.489708
91	355	551.68539	1160	795	0.492273
92	356	553.37079	1170	795	0.503456
93	357	555.05618	1165	785	0.514369
94	358	556.74157	1165	800	0.489708
95	359	558.42697	1170	800	0.495288
96	360	560.11236	1170	805	0.48717
97	361	561.79775	1175	790	0.517232
98	362	563.48315	1175	800	0.500844
99	363	565.16854	1185	780	0.544871
100	364	566.85393	1185	850	0.432898
101	365	568.53933	1200	875	0.41152
102	366	570.22472	1210	890	0.400186
103	367	571.91011	1235	900	0.412273
104	368	573.59551	1240	905	0.410319
105	369	575.2809	1235	905	0.405055
106	370	576.96629	1235	900	0.412273
107	371	578.65169	1245	895	0.430039
108	372	580.33708	1245	895	0.430039
109	373	582.02247	1240	900	0.417538
110	374	583.70787	1230	900	0.406988
111	375	585.39326	1220	895	0.40361
112	376	587.07865	1215	895	0.39826

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
113	377	588.76404	1205	895	0.387492
114	378	590.44944	1190	895	0.371172
115	379	592.13483	1175	895	0.354644
116	380	593.82022	1160	885	0.352544
117	381	595.50562	1140	865	0.359666
118	382	597.19101	1130	840	0.386397
119	383	598.8764	1120	805	0.430266
120	384	600.5618	1100	775	0.456273
121	385	602.24719	1075	750	0.469042
122	386	603.93258	1065	730	0.49208
123	387	605.61798	1055	720	0.49776
124	388	607.30337	1050	700	0.528274
125	389	608.98876	1040	675	0.563189
126	390	610.67416	1025	655	0.583448
127	391	612.35955	1005	640	0.587958
128	392	614.04494	1005	635	0.598177
129	393	615.73034	1005	625	0.618858
130	394	617.41573	1000	600	0.665546
131	395	619.10112	980	590	0.661122
132	396	620.78652	930	585	0.603981
133	397	622.47191	875	580	0.53574
134	398	624.1573	835	540	0.567878
135	399	625.8427	795	510	0.578391
136	400	627.52809	720	520	0.423987
137	401	629.21348	650	525	0.278262
138	402	630.89888	625	505	0.277766
139	403	632.58427	615	485	0.3094
140	404	634.26966	580	470	0.27399

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
141	405	635.95506	560	465	0.242205
142	406	637.64045	520	450	0.188372
143	407	639.32584	490	425	0.185421
144	408	641.01124	455	405	0.151669
145	409	642.69663	430	395	0.110614
146	410	644.38202	420	370	0.165143
147	411	646.06742	375	330	0.166552
148	412	647.75281	340	295	0.184971
149	413	649.4382	310	270	0.179994
150	414	651.1236	265	225	0.21319
151	415	652.80899	220	165	0.374816
152	416	654.49438	180	120	0.528274
153	417	656.17978	155	125	0.280265
154	418	657.86517	135	115	0.208908
155	419	659.55056	135	110	0.266823
156	420	661.23596	125	100	0.29073
157	421	662.92135	125	90	0.428003
158	422	664.60674	115	85	0.393837
159	423	666.29213	105	85	0.275311
160	424	667.97753	100	80	0.29073
161	425	669.66292	90	80	0.153458
162	426	671.34831	85	75	0.163073
163	427	673.03371	80	75	0.084086
164	428	674.7191	80	75	0.084086
165	429	676.40449	75	70	0.08989
166	430	678.08989	70	65	0.096554
167	431	679.77528	70	65	0.096554
168	432	681.46067	65	65	0

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Biru:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
169	433	683.14607	70	60	0.20084
170	434	684.83146	70	60	0.20084
171	435	686.51685	70	60	0.20084
172	436	688.20225	70	65	0.096554
173	437	689.88764	70	70	0
174	438	691.57303	70	65	0.096554
175	439	693.25843	70	60	0.20084
176	440	694.94382	70	60	0.20084
177	441	696.62921	65	60	0.104286
178	442	700	65	60	0.104286

Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	I_o (lux)	I_t (lux)	Absorbansi (A)
1	265	400	0	0	0
2	266	401.68539	55	40	0.414908
3	267	403.37079	95	60	0.598717
4	268	405.05618	110	70	0.588884
5	269	406.74157	130	75	0.716646
6	270	408.42697	135	75	0.765818
7	271	410.11236	145	70	0.94881
8	272	411.79775	145	65	1.045364
9	273	413.48315	155	65	1.132255
10	274	415.16854	155	65	1.132255
11	275	416.85393	170	70	1.156053
12	276	418.53933	170	70	1.156053
13	277	420.22472	190	70	1.300967
14	278	421.91011	195	75	1.24492
15	279	423.59551	210	80	1.257388
16	280	425.2809	215	75	1.372132
17	281	426.96629	235	80	1.403934
18	282	428.65169	245	85	1.379241
19	283	430.33708	265	85	1.481481
20	284	432.02247	270	85	1.505835
21	285	433.70787	285	80	1.655265
22	286	435.39326	285	75	1.739351
23	287	437.07865	300	75	1.80618
24	288	438.76404	310	80	1.764815
25	289	440.44944	325	85	1.747393
26	290	442.13483	330	85	1.767285
27	291	443.82022	340	85	1.80618
28	292	445.50562	340	85	1.80618

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
29	293	447.19101	355	90	1.787958
30	294	448.8764	365	90	1.824151
31	295	450.5618	380	100	1.739351
32	296	452.24719	390	100	1.773194
33	297	453.93258	405	110	1.698187
34	298	455.61798	415	110	1.729966
35	299	457.30337	425	130	1.543337
36	300	458.98876	435	130	1.573638
37	301	460.67416	450	145	1.475534
38	302	462.35955	460	150	1.46
39	303	464.04494	465	165	1.349907
40	304	465.73034	485	170	1.365878
41	305	467.41573	500	190	1.260649
42	306	469.10112	515	200	1.232332
43	307	470.78652	525	215	1.163163
44	308	472.47191	545	230	1.124006
45	309	474.1573	555	260	0.987959
46	310	475.8427	565	280	0.914671
47	311	477.52809	580	305	0.837384
48	312	479.21348	590	320	0.797106
49	313	480.89888	600	335	0.759319
50	314	482.58427	625	350	0.755436
51	315	484.26966	645	370	0.724074
52	316	485.95506	670	385	0.721842
53	317	487.64045	680	380	0.758176
54	318	489.32584	700	420	0.665546
55	319	491.01124	720	450	0.61236
56	320	492.69663	740	500	0.510785

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
57	321	494.38202	755	515	0.498419
58	322	496.06742	770	545	0.450283
59	323	497.75281	765	555	0.418105
60	324	499.4382	800	585	0.407802
61	325	501.1236	820	600	0.406988
62	326	502.80899	825	620	0.372187
63	327	504.49438	810	615	0.35883
64	328	506.17978	810	620	0.34828
65	329	507.86517	810	610	0.369466
66	330	509.55056	825	615	0.382736
67	331	511.23596	810	595	0.401904
68	332	512.92135	825	610	0.393372
69	333	514.60674	840	605	0.427572
70	334	516.29213	900	620	0.485552
71	335	517.97753	925	640	0.479885
72	336	519.66292	960	635	0.538493
73	337	521.34831	995	630	0.595448
74	338	523.03371	1030	645	0.609833
75	339	524.7191	1045	655	0.608625
76	340	526.40449	1060	655	0.627194
77	341	528.08989	1075	660	0.635594
78	342	529.77528	1095	675	0.630331
79	343	531.46067	1105	690	0.61354
80	344	533.14607	1120	710	0.593879
81	345	534.83146	1135	720	0.59299
82	346	536.51685	1145	735	0.577554
83	347	538.20225	1155	740	0.580051
84	348	539.88764	1160	750	0.56819

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
85	349	541.57303	1150	755	0.548253
86	350	543.25843	1145	770	0.516944
87	351	544.94382	1130	780	0.482952
88	352	546.62921	1150	785	0.497485
89	353	548.31461	1155	775	0.519841
90	354	550	1170	790	0.511676
91	355	551.68539	1170	800	0.495288
92	356	553.37079	1180	815	0.482173
93	357	555.05618	1180	825	0.466284
94	358	556.74157	1180	835	0.450587
95	359	558.42697	1185	835	0.456096
96	360	560.11236	1185	845	0.440585
97	361	561.79775	1185	835	0.456096
98	362	563.48315	1185	875	0.395131
99	363	565.16854	1185	885	0.380325
100	364	566.85393	1185	930	0.315706
101	365	568.53933	1200	950	0.304373
102	366	570.22472	1205	960	0.296147
103	367	571.91011	1220	970	0.298764
104	368	573.59551	1230	975	0.302701
105	369	575.2809	1240	985	0.299956
106	370	576.96629	1245	990	0.298602
107	371	578.65169	1250	990	0.303824
108	372	580.33708	1250	980	0.317052
109	373	582.02247	1245	970	0.325193
110	374	583.70787	1245	965	0.331926
111	375	585.39326	1240	960	0.333451
112	376	587.07865	1235	960	0.328187

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
113	377	588.76404	1225	960	0.317595
114	378	590.44944	1205	940	0.323578
115	379	592.13483	1185	920	0.329792
116	380	593.82022	1170	915	0.320294
117	381	595.50562	1155	910	0.310622
118	382	597.19101	1135	905	0.295042
119	383	598.8764	1115	900	0.279097
120	384	600.5618	1105	905	0.260141
121	385	602.24719	1090	890	0.264109
122	386	603.93258	1080	880	0.266823
123	387	605.61798	1070	870	0.269594
124	388	607.30337	1060	845	0.295347
125	389	608.98876	1045	840	0.284511
126	390	610.67416	1035	795	0.34372
127	391	612.35955	1025	760	0.389731
128	392	614.04494	1015	740	0.411703
129	393	615.73034	1005	720	0.434501
130	394	617.41573	1005	700	0.471204
131	395	619.10112	995	670	0.515245
132	396	620.78652	965	645	0.524903
133	397	622.47191	920	625	0.503723
134	398	624.1573	860	605	0.458229
135	399	625.8427	810	585	0.423987
136	400	627.52809	760	565	0.386295
137	401	629.21348	710	540	0.356594
138	402	630.89888	665	520	0.320455
139	403	632.58427	625	500	0.29073
140	404	634.26966	585	485	0.244242

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
141	405	635.95506	550	475	0.191007
142	406	637.64045	515	495	0.051606
143	407	639.32584	490	480	0.026865
144	408	641.01124	480	425	0.158557
145	409	642.69663	470	395	0.226502
146	410	644.38202	445	390	0.171886
147	411	646.06742	410	355	0.187667
148	412	647.75281	380	320	0.223901
149	413	649.4382	340	305	0.141537
150	414	651.1236	305	260	0.207979
151	415	652.80899	250	210	0.227162
152	416	654.49438	200	155	0.332095
153	417	656.17978	195	125	0.579374
154	418	657.86517	165	105	0.588884
155	419	659.55056	140	115	0.256291
156	420	661.23596	125	110	0.166552
157	421	662.92135	120	100	0.237544
158	422	664.60674	110	90	0.261451
159	423	666.29213	105	85	0.275311
160	424	667.97753	95	80	0.223901
161	425	669.66292	95	85	0.144914
162	426	671.34831	90	85	0.074471
163	427	673.03371	90	80	0.153458
164	428	674.7191	85	75	0.163073
165	429	676.40449	85	70	0.252963
166	430	678.08989	80	70	0.173976
167	431	679.77528	80	70	0.173976
168	432	681.46067	75	70	0.08989

Lanjutan Tabel Data Nilai Absorbansi Uji Sampel Warna Kuning:

No.	Pixel	λ (nm)	Io (lux)	It (lux)	Absorbansi (A)
169	433	683.14607	70	70	0
170	434	684.83146	70	65	0.096554
171	435	686.51685	70	70	0
172	436	688.20225	70	65	0.096554
173	437	689.88764	65	60	0.104286
174	438	691.57303	65	65	0
175	439	693.25843	65	65	0
176	440	694.94382	70	60	0.20084
177	441	696.62921	70	65	0.096554
178	442	700	70	65	0.096554

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 1:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.238	3.000	3.082	3.188	1.583	1.621
2	3.230	3.225	3.076	2.902	1.580	1.429
3	3.248	3.150	3.078	3.056	1.565	1.493
4	3.237	3.175	3.078	3.232	1.574	1.429
5	3.239	3.125	3.083	2.968	1.619	1.589
6	3.223	3.275	3.078	3.122	1.619	1.301
7	3.243	3.000	3.077	3.144	1.643	1.515
8	3.236	3.100	3.096	2.968	1.623	1.568
9	3.246	3.150	3.093	3.012	1.609	1.376
Rata-rata	3.238	3.133	3.082	3.066	1.602	1.480

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 2:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.239	3.275	3.186	3.187	1.576	1.835
2	3.241	3.025	3.178	3.281	1.595	1.749
3	3.236	3.350	3.184	3.000	1.570	1.771
4	3.243	3.225	3.179	3.393	1.538	1.728
5	3.243	3.275	3.175	3.150	1.554	1.824
6	3.241	3.000	3.171	3.224	1.575	1.760
7	3.248	3.225	3.169	3.093	1.615	1.739
8	3.227	3.050	3.187	3.206	1.572	1.813
9	3.239	3.375	3.179	3.243	1.603	1.760
Rata-rata	3.240	3.200	3.179	3.197	1.578	1.775

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 3:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.256	3.309	3.041	3.037	1.468	1.387
2	3.255	3.201	3.044	3.018	1.483	1.344
3	3.252	3.237	3.046	3.093	1.508	1.440
4	3.255	3.183	3.046	3.037	1.585	1.568
5	3.261	3.273	3.049	2.925	1.505	1.397
6	3.246	3.219	3.046	3.112	1.491	1.301
7	3.243	3.254	3.050	2.850	1.518	1.493
8	3.254	3.128	3.046	3.037	1.490	1.376
9	3.254	3.309	3.050	3.131	1.459	1.355
Rata-rata	3.253	3.235	3.046	3.027	1.501	1.407

Data Nilai Absorbansi untuk Ulangan 4:

No.	Hari 1		Hari 2		Hari 3	
	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B	Alat A	Alat B
1	3.233	3.225	3.038	3.133	1.643	1.205
2	3.230	2.975	3.038	3.048	1.623	1.355
3	3.239	2.925	3.041	3.099	1.609	1.269
4	3.242	3.150	3.040	2.997	1.538	1.408
5	3.233	3.000	3.041	3.065	1.554	1.248
6	3.239	3.025	3.037	3.031	1.575	1.312
7	3.230	3.125	3.041	3.014	1.468	1.291
8	3.244	3.175	3.045	3.031	1.483	1.355
9	3.244	3.500	3.048	2.980	1.508	1.419
Rata-rata	3.237	3.122	3.041	3.044	1.556	1.318

Listing Program:

```
#include "highgui.h"
#include "cv.h"
#include "stdio.h"
#include "math.h"

int acuan, acuan1 = 0;
CvPoint titik1, titik2, titik3, titik4;
CvFont font;
int B=0;
int G=0;
int R=0;
int A, A1, A2;
double A3, A4, A5, A6, A7,A8;
char *B1;
char *B2 = "RENDAH";
char *B3 = "SEDANG";
char *B4 = "TINGGI";
int buff_simpan1[443];
int buff_simpan2[443];
double buff_simpan3[443];

int main(int argc, char** argv)
{
    IplImage* frame = 0;
    IplImage* data = 0;
    CvCapture* capture = 0;
    capture = cvCaptureFromCAM(CV_CAP_ANY);
    while(1)
    {
        frame = cvQueryFrame(capture);
        cvFlip(frame, frame, 90);
        cvLine(frame, cvPoint(0,(frame->height/2)+1),cvPoint(frame->width,(frame->height/2)+1),CV_RGB(0,0,0));
        data = cvQueryFrame(capture);
        cvFlip(data, data, 90);
```

```

        IplImage* gambar = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar1 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar2 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar3 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar4 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* gambar5 = cvCreateImage(cvSize(frame-
>width,frame->height),8,1);
        IplImage* crop1 =
cvCreateImage(cvSize(640,305),8,1);
        IplImage* crop2 =
cvCreateImage(cvSize(430,180),8,1);

        for(int x=0;x<gambar->width;x++)
            for(int y=0;y<gambar->height;y++)
            {
                gambar1->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar2->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar3->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar4->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
                gambar5->imageData[gambar-
>widthStep * y + x*gambar->nChannels]=255;
            }

        for(int x=264;x<data->width;x++)
        {
            int y=240;
            G=(uchar)data->imageData[data->widthStep
* y + x*data->nChannels+1];
            R=(uchar)data->imageData[data->widthStep
* y + x*data->nChannels+2];

```

```

        B=(uchar)data->imageData[data->widthStep
* y + x*data->nChannels+3];
        int yx=440-G;
        int yy=440-R;
        int yz=440-B;
        int ya=440-(((G+R+B)/3);
        gambar1->imageData[gambar->widthStep *
yx + x*gambar->nChannels]=0;
        gambar2->imageData[gambar->widthStep *
yy + x*gambar->nChannels]=0;
        gambar3->imageData[gambar->widthStep *
yz + x*gambar->nChannels]=0;
        gambar4->imageData[gambar->widthStep *
ya + x*gambar->nChannels]=0;
    }

    titik1 = cvPoint(265,440);
    titik2 = cvPoint(266,440);

    for (int x=265; x<gambar4->width - 5 ; x++)
        for (int y=1; y<gambar4->height - 1 ; y++)
        {
            acuan=(uchar)gambar4-
>imageData[gambar4->widthStep * y + x*gambar4->nChannels];
            if (acuan<255)
            {
                titik2 = cvPoint(x,y);
                cvLine(gambar4, titik1,
titik2, CV_RGB(0,0,0));

                titik1 = titik2;
            }
        }

    for(int y=480;y>185;y--)
        for(int x=338;x<339;x++)
        {
            if((uchar)gambar4-
>imageData[gambar4->widthStep * y + x*gambar4->nChannels]==0)
            {

```



```

A=x;
A1=y;
A2=(440-A1)*5;
    }
}

if( cvWaitKey(1) == '1' )
{
    FILE *f = fopen("Intensitas Io.txt","w+");
    for(int x=265;x<443;x++)
    {
        for(int y=480;y>185;y--)
        {
            if((uchar)gambar4->imageData[gambar4->widthStep * y +
x*gambar4->nChannels]==0)
            {
                buff_simpan1[x]=(440-y)*5;

                //printf("x[%d] = %d\n",x,(buff_simpan1[x]));
                char buff[5];
                sprintf(buff,"%d\n",(440-y)*5);
                fprintf(f,buff);
                break;
            }
        }
        fclose(f);
        A3=buff_simpan1[338];
    }

    if( cvWaitKey(1) == '2' )
    {
        FILE *f = fopen("Intensitas It.txt","w+");

```

```

        for(int x=265;x<443;x++)
        {
            for(int y=480;y>185;y--)
            {
                if((uchar)gambar4->imageData[gambar4->widthStep * y +
                x*gambar4->nChannels]==0)
                {
                    buff_simpan2[x]=(440-y)*5;

                    //printf("x[%d] = %d\n",x,(buff_simpan2[x]));

                    char buff[5];

                    sprintf(buff,"%d\n", (440-y)*5);

                    fprintf(f,buff);

                    break;
                }
            }
        }
        fclose(f);
        A4=buff_simpan2[338];
    }

    if( cvWaitKey(1) == '3' )
    {
        FILE *f =
        fopen("Absorbansi.txt", "w+");

        for(int x=265;x<443;x++)
        {
            buff_simpan3[x]=((double)buff_simpan2[x]/(double)buff_simpan1[x]);

            buff_simpan3[x]=-(log10
            (buff_simpan3[x]));
        }
    }
}

```



```

buff_simpan3[x]=3*(buff_simpan3[x]);
//printf("x[%d] =
%f\n",x,(3*(buff_simpan3[x]));
char buff[5];

sprintf(buff,"%f\n",buff_simpan3[x]);
fprintf(f,buff);
}
fclose(f);
A5=(buff_simpan3[338]);
A6=(A5-0.0568)/0.0431;
if(A6<17.068)
{
    B1=B2;
}
if((A6>17.068)&&(A6<50.252))
{
    B1=B3;
}
if(A6>=50.252)
{
    B1=B4;
}
}

if( cvWaitKey(1) == '4' )
{
    for(int x=265;x<443;x++)
    {
        A8=25*(buff_simpan3[x]);
        A8=(int)A8;
        int y = 300-(A8);
        //printf("x[%d] =
        %f\n",x,A8);

        gambar5-
        >imageData[gambar5->widthStep * y + x*gambar5->nChannels]=0;
        titik1 = cvPoint(265,300);
        titik2 = cvPoint(266,300);
    }
}

```

```

for (int x=265; x<450; x++)
    for (int y=200;
        y<300; y++)
    {
        acuan=(uchar)gambar5->imageData[gambar5->widthStep * y
        + x*gambar5->nChannels];
        if (acuan<255)
        {
            titik2 = cvPoint(x,y);
            cvLine(gambar5, titik1, titik2, CV_RGB(0,0,0));
            titik1 = titik2;
        }
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(250,300), cvPoint(250,180),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(250,300), cvPoint(460,300),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(265,300), cvPoint(265,310),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(324,300), cvPoint(324,310),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(383,300), cvPoint(383,310),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(442,300), cvPoint(442,310),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(240,250), cvPoint(250,250),CV_RGB(0,0,0));
        cvLine(gambar5,
            cvPoint(240,200), cvPoint(250,200),CV_RGB(0,0,0));
        char
        text1[80],text2[80],text3[80],text4[80],text5[80],text6[80],text7[80],text
        8[80];

```

```

cvInitFont(&font,CV_FONT_HERSHEY_SIMPLEX,0.2,0.6,0.
2);

sprintf(text1,"400");
sprintf(text2,"500");
sprintf(text3,"600");
sprintf(text4,"700");
sprintf(text5,"2");
sprintf(text6,"4");
sprintf(text7,"Panjang
Gelombang (nm)");
sprintf(text8,"Absorbansi
(A)");

cvPutText(gambar5,text1,cvPoint(255,325),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text2,cvPoint(314,325),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text3,cvPoint(373,325),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text4,cvPoint(432,325),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text5,cvPoint(225,253),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text6,cvPoint(225,203),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text7,cvPoint(465,304),&font,cvScalar(0,0,
0));
cvPutText(gambar5,text8,cvPoint(220,175),&font,cvScalar(0,0,
0));
for(int x=0;x<430;x++)

```

```

                                for(int
y=0;y<180;y++)
                                {
                                crop2-
>imageData[crop2->widthStep * y + x*crop2->nChannels]=gambar5-
>imageData[gambar5->widthStep * (y+155) + (x+210)*gambar5-
>nChannels];
                                }

cvShowImage("Wavelength vs Absorbance",crop2);
                                cvSaveImage("Wavelength
vs Absorbance.jpg",crop2);
                                }
                                }

char
text1[80],text2[80],text3[80],text4[80],text5[80],text6[80],text7[80],text
8[80],text9[80],text10[80],text11[80],text12[80],text13[80],text14[80],te
xt15[80];

cvInitFont(&font,CV_FONT_HERSHEY_SIMPLEX,0.2,0.6,0.
2);

printf(text1,"400");
printf(text2,"500");
printf(text3,"600");
printf(text4,"700");
printf(text5,"800");
printf(text6,"SPEKTROFOTOMETER");
printf(text7,"Muhammad Bintang Gemintang");
printf(text8,"2211100042");
printf(text9,"Panjang Gelombang = 525 nm ");
printf(text10,"Realtime I = %d", A2);
printf(text11,"Io = %.0f", A3);
printf(text12,"It = %.0f", A4);
printf(text13,"Absorbansi = %.3f A", A5);
printf(text14,"Kons. Protein = %.3f mg/ml", A6);
printf(text15,"Kualitas = %s", B1);

```



```

        cvPutText(gambar4,text1,cvPoint(255,465),&font,cvScalar(0,0,
0));
        cvPutText(gambar4,text2,cvPoint(314,465),&font,cvScalar(0,0,
0));
        cvPutText(gambar4,text3,cvPoint(373,465),&font,cvScalar(0,0,
0));
        cvPutText(gambar4,text4,cvPoint(432,465),&font,cvScalar(0,0,
0));
        cvPutText(gambar4,text5,cvPoint(491,465),&font,cvScalar(0,0,
0));
        cvPutText(gambar4,text6,cvPoint(35,200),&font,cvScalar(0,0,0
));
        cvPutText(gambar4,text7,cvPoint(3,240),&font,cvScalar(0,0,0)
);
        cvPutText(gambar4,text8,cvPoint(3,260),&font,cvScalar(0,0,0)
);
        cvPutText(gambar4,text9,cvPoint(3,300),&font,cvScalar(0,0,0)
);
        cvPutText(gambar4,text10,cvPoint(3,320),&font,cvScalar(0,0,0
));
        cvPutText(gambar4,text11,cvPoint(3,340),&font,cvScalar(0,0,0
));
        cvPutText(gambar4,text12,cvPoint(3,360),&font,cvScalar(0,0,0
));
        cvPutText(gambar4,text13,cvPoint(3,380),&font,cvScalar(0,0,0
));

```

```

cvPutText(gambar4,text14,cvPoint(3,400),&font,cvScalar(0,0,0
));
cvPutText(gambar4,text15,cvPoint(3,420),&font,cvScalar(0,0,0
));

cvLine(gambar4, cvPoint(236,186),
cvPoint(640,186),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(236,440),
cvPoint(640,440),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(236,440),
cvPoint(236,186),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(265,440),
cvPoint(265,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(324,440),
cvPoint(324,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(383,440),
cvPoint(383,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(442,440),
cvPoint(442,450),CV_RGB(0,0,0));
cvLine(gambar4, cvPoint(501,440),
cvPoint(501,450),CV_RGB(0,0,0));

for(int x=0;x<640;x++)
    for(int y=0;y<305;y++)
    {
        crop1->imageData[crop1->
widthStep * y + x*crop1->nChannels]=gambar4->
imageData[gambar4->widthStep * (y+170) + x*gambar4->
nChannels];
    }
cvShowImage("Wavelength vs Intensity",crop1);
if( cvWaitKey(1) == '5' )
{
    cvSaveImage("Wavelength vs
Intensity.jpg",crop1);
}

```



```
cvReleaseImage(&gambar);  
cvReleaseImage(&gambar1);  
cvReleaseImage(&gambar2);  
cvReleaseImage(&gambar3);  
cvReleaseImage(&gambar4);  
cvReleaseImage(&gambar5);  
cvReleaseImage(&crop1);  
}  
cvReleaseCapture(&capture);  
cvReleaseImage(&frame);  
cvReleaseImage(&data);  
cvDestroyWindow("Original");  
}
```

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Susilorini, Tri Eko dan Manik Eirry Sawitri, “*Produk Olahan Susu*”, Penebar Swadaya, Jakarta, 2006.
- [2] Miller, J.N. and Miller, J.C., “*Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry 4th Edition*”, Prentice Hall, Harlow, 2000.
- [3] _____, “*What Is A Raspberry Pi?*”, <URL: <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>>, Maret, 2015.
- [4] Badan Standarisasi Nasional Indonesia, “*SNI 01-3141-1998: Susu Segar*”, Balai Besar Industri Kimia Departemen Perindustrian dan Perdagangan, Jakarta, 1998.
- [5] Shiddieqy, M.I., “*Memetik Manfaat Susu Sapi*”, Departemen Produksi Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran, Bandung, 2007.
- [6] Maheswari, R.R.A., “*Penanganan dan Pengolahan Hasil Ternak Perah*”, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2002.
- [7] Husni, Elidahanum, Asmaedy Samah dan Reci Ariati, “*Analisa Zat Pengawet dan Protein dalam Makanan Siap Saji Sosis*”, Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi, Vol. 12:108-111, 2007.
- [8] Winarno, F.G. dan Ivone E. Fernandez, “*Susu dan Produk Fermentasinya*”, M-Brio Press, Bogor, 2007.
- [9] Ali, M.F., “*Handbook of Industrial Chemistry Organic Chemicals*”, The McGraw-Hill Companies, Inc., Sydney, 2005.
- [10] Reitz, John, Milford, Frederick and Christy, Robert, “*Foundations of Electromagnetic Theory 4th edition*”, Addison Wesley, 1992.
- [11] Bruno, Thomas J. and Svoronos, Paris D.N., “*CRC Handbook of Fundamental Spectroscopic Correlation Charts*”, CRC Press, 2005.
- [12] Allen, Jeannie, “*Ultraviolet Radiation: How it Affects Life on Earth*”, Earth Observatory, NASA, USA, 2001.
- [13] Beran, J.A., “*Chemistry in The Laboratory 2nd Edition*”, Malawi, Halsted Press, 1996.
- [14] Rendina, George, “*Experimental Methods in Modern Biochemistry*”, W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1976.
- [15] Barri, Muhammad H., Ronny Mardiyanto, Djoko Purwanto, “*Implementasi Raspberry Pi pada Sistem Absensi berbasis Pengenalan Wajah*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2014.
- [16] Poedjiadi, Anna, “*Dasar-dasar Biokimia*”, UI Press, Jakarta, 1994.

- [17] Maharani, E.T. dan Yusrin, “*Kadar Protein Curah yang Dijual Petambak Kota Rembang Dengan Variasi Suhu Penyimpanan*”, Prosiding Seminar Nasional UNIMUS, 6 hal, 2010.
- [18] Sudarmadji, S., “*Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*”, Liberti, Yogyakarta, 1989.
- [19] _____, “*OpenCV (Open Source Computer Vision)*”, < URL: opencv.org>, Maret, 2015.
- [20] Imaduddin, Muhammad R., Ronny Mardiyanto, Djoko Purwanto, “*Rancang Bangun Sistem Bantu Berjalan di Dalam Ruangan untuk Tuna Netra Berbasis Kamera*”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.
- [21] Day, R.D. dan Jr., Underwood, “*Analisa Kimia Kuantitatif Edisi ke-4*”, Erlangga, 1990.

BIODATA PENULIS



Lahir di Mojokerto pada tanggal 23 Mei 1993 sebagai anak sulung dari dua bersaudara, penulis mengawali pendidikan formalnya di SD Negeri Gedongan 1 Kota Mojokerto, kemudian melanjutkan ke jenjang sekolah menengah di SMP Negeri 1 Kota Mojokerto pada tahun 2005, SMA Negeri 1 Sooko Kabupaten Mojokerto pada tahun 2008 dan akhirnya penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro ITS pada tahun 2011. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis aktif sebagai asisten Laboratorium Elektronika Dasar B-202 Teknik Elektro ITS dan mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa dan berbagai kepanitiaan, salah satunya sebagai ketua konseptor acara BARONAS (Lomba Robot Nasional) 2014.

Email : bintang042@gmail.com
bintanggemintang@rocketmail.com